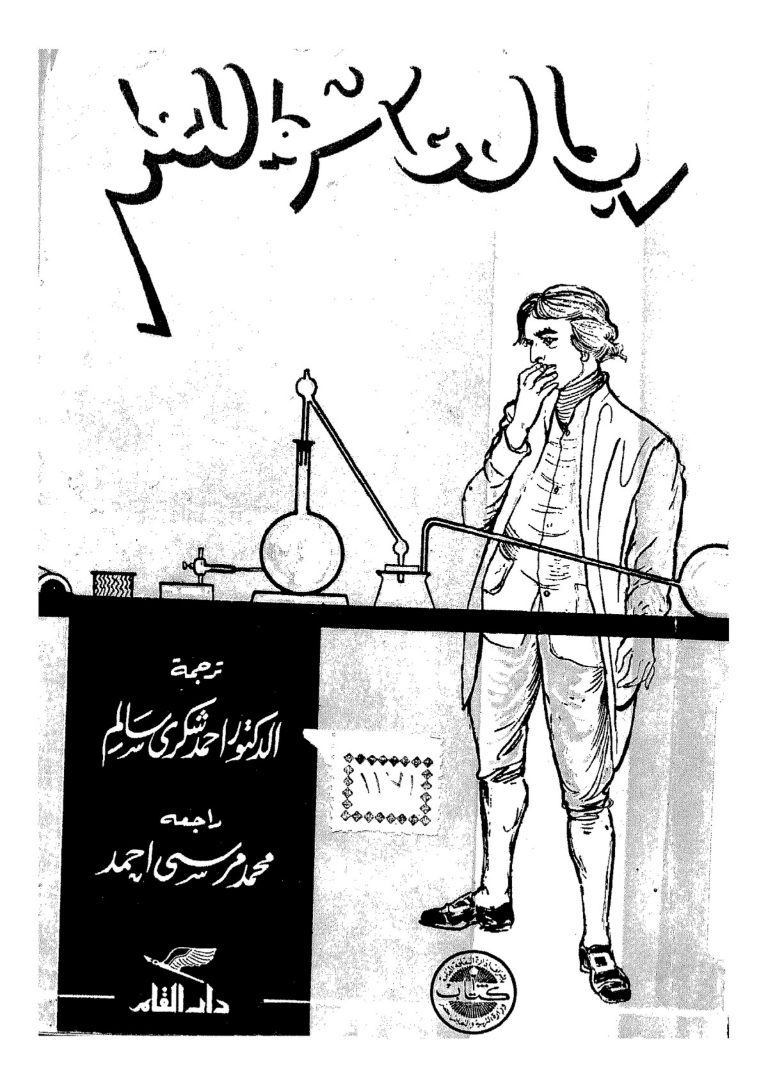

ترجمة
الدكتور احمد شكري سالم
راجعه
محمد مرسي احمد
١١٧١
دار القلم

اهداءات ٢٠٠١

الدكتور/ القطب محمد طبلية

القاهرة

الألف كتاب

(٢٨٧)



الادارة العامة للثقافة
وزارة التربية والتعليم
الاقليم الجنوبى

تصدر هذه السلسلة

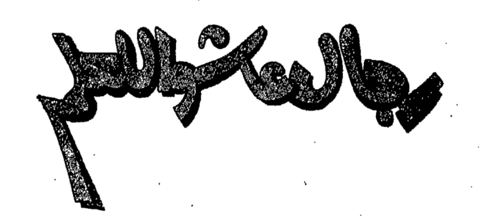
بمعاونة المجلس الأعلى للعلوم

النـــاشر



الألف كتاب

(٢٨٧)



غاليليو نيوتن

هوك لابلاس

هاملتون

فيتزجيرالد

بريستلي

لافوازييه

فرانكلين فاراداي

هنري ماكسويل

هارفي دارون

بافلوف بابيج

كارول رامانوجان

ترجمة : الدكتور احمد شكري سالم

مراجعة : الدكتور محمد مرسي احمد

هذه ترجمة لكتاب

LIVES IN SCIENCE

لمجموعة من المؤلفين

محتويات الكتاب

غاليليو ، ذو المواهب النادرة فى الجدل ، حين طلع على العالم برأيه القائل بوجود قانون فيزيائى عام ، أثار حربا كلامية . ويقول غاليليو فى قانون آخر ، بوجوب أن تكون الفلسفة حرة . أما نيوتن فأنجز عمله خلال ثمانية عشر شهراً ، وكرس الجزء الأعظم من حياته للميتافيزيقا والسحر . وقدم هوك للعالم ، بشكل مستقل ، قوة تسمى الجاذبية ، مستخدما فى ذلك مواهبه العديدة وهواياته المتباينة . أما لاپلاس ، الذى احتل مركزا إداريا مرموقا

لم يكن فرانكلين يلهو بتجاربه على البرق فقط ، ولكنه كشف عن الجزء الأكبر من نظرية الكهربية المعترف بها فى الوقت الحالى . وتمكن فاراداى ، وتحت يده معمل جهزته الدولة ، من الوصول إلى كشف هام هو أن المجال المغناطيسى يمكن أن يؤدى إلى ظهور تيار كهربى ، وسارع بنشر هذا الكشف . هذا بينما كان مدرس فى ألبانى بنيويورك ، يدعى چوزيف هنرى ، قد توصل إلى نفس ظاهرة التأثير الكهربى بما بذل من موارده الخاصة وجهده الخاص ، ولكنه للأسف نشر نتائجه متأخرا عن فاراداى . وإن إحدى نتائج هذا الكشف الذى توصل إليه العالمان هى كهربة المدنية . وجاء چيمس كلارك ماكسويل فقدم معادلات لا تقل أهمية ، ولقد تنبأت هذه المعادلات بكشف طيف الراديو عند جانب الموجات الطويلة من الضوء ، والأشعة السينية وأشعة جاما عند جانب الموجات القصيرة . وكان لهذه الكشوف فضل فتح الطريق أمام تحطيم الذرة .

صفحة

عندما أوضح هارفى الدورة الدموية فى جسم الإنسان ، كان فى نفس الوقت يوضح القوة الكامنة فى أسلوب استخدام علم الفيزياء على مسائل الحياة . وعندما نشر دارون كتاب «أصل الأنواع»، أثار زوبعة من الجدل ، كما فعلت مناقشات غاليليو . وهزم المنادون بأن الإنسان مركز الكون ، هزموا فى ميدان علم الحياة ، كما هزموا قبل ذلك فى ميدان علم الفلك . وتمكن پاڤلوف من دراسة عمليات الجهاز العصبى عن طريق نوافذ صنعها فى معدات كلابه .

رأى تشارلز بابيج أن الآلات المعاصرة لاتسير بالقوة التي يرغبها ، فصرف حياته بطولها يجاهد من أجل بناء آلات حاسبة رياضية ، ولكنه هزم في هذه المعركة النبيلة . وجاء لويس كارول فلم يفعل الكثير عندما عالج المنطق بشكل جدي ، ولكنه نجح نجاحا رائعا عندما تلاعب بالمنطق . وقبل أن يبلغ رامانوچان الثالثة عشرة من عمره ، وقبل أن يكتشفه من هم أكبر منه في ميدان الرياضيات ، كان قد وضع بنفسه ، ومستقلا عن غيره ، الجزء الأغلب من النظرية الحديثة .



مقدّمة

يتناول هذا الكتاب حياة ثمانية عشر رجلا سيقابل القارئ من بينهم ماردين أصيلين أو ثلاثة ، بطلا أو بطلين ، قديسا وماكرا ، رجالا يختلطون بالناس وآخرين يميلون إلى العزلة القاسية ، وسيقابل ، أخيراً ، مجموعة من الحكماء وغريبي الأطوار . وما جمع كل هؤلاء فى باقة واحدة ، إلا أن كلا منهم صرف حياته فى العلم . وهم فى الواقع ما زالوا أحياء بيننا يملؤون الدنيا من حولنا حياة وضجيجاً . إن وجودهم يتجسد فى النظام الصناعى الذى يحيط بنا ، وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا ونحن نصور لأنفسنا ذلك العالم الذى نحيا فيه وموضعنا منه . وما زال هؤلاء الناس يغيرون العالم بقدر ما غيروا ظروف الإنسان وآراءه خلال القرون الأربعة التى استغرقتها حياتهم .

ومن المقطوع به أن الكتاب قد عرض عينات من حياة العلماء الذين دخلوا تاريخ العلم فى تلك الفترة . وكان الانتقاء عارضا لحد ما . والواقع أن فصول هذا الكتاب كتبت فى الأصل لتكون مقالات فى الأعداد الشهرية من مجلة « الأمريكى العالم » ، ولكنها

جمعت فى هذا الكتاب فتداخلت وتكاملت وصارت تغطى عدداً من التطورات الجوهرية فى العلم .

ومما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مهمل من جوانب التاريخ . ولا شك أن التفسير يكمن فى تلك الجدران الأكاديمية القاسية التى تفصل بين الإنسان العادى والعلوم . وليس ثمة داع لمناقشة أثر العلم على الحياة اليومية ، فهذا أمر واضح ، ولا يقل عنه وضوحا أن معرفة تاريخ العلوم تلقى ضوءاً هاماً على شئون الماضى المتعلقة بالسياسة والاقتصاد والثقافة والحرب . ويعكس هذا الكتاب فائدة أخرى لدراسة تاريخ العلم ، هى إلقاء الضوء على فهمنا للعلم ذاته .

ويدلنا هذا الأسلوب التاريخى فى الدراسة ، بادئ ذى بدء ، أن العلم إنما هو جماع المعارف التى تراكمت من هنا ومن هنالك . إن الملاحظة ، وتجميع المواد ، وعملية البحث عن الحقيقة — تلك العملية التى توصف بأنها علمية — كل هذه تبدو فى الواقع جزءاً من فكرة أكبر تعتمل فى ذهن العالِم . إنه يود أن يحيل معارفه إلى معان واضحة مفهومة ، وهو يسأل نفسه السؤال تلو السؤال هادفا لوضع صورة لخبراته تتميز بالترابط والتماسك المنطقى . ولا تؤدى هذه الأسئلة فحسب إلى معارف جديدة ، ولكنها تؤدى كذلك إلى بروز أسئلة جديدة تزيد من آفاق الخبرة الإنسانية .

وتختلف هذه الصورة اختلافا كبيرا عن الصورة الشائعة التى تصور العالِم كحفار ينقب عن الحقائق الجافة فى منجم اليقين . إنها تصور العالِم أقرب ما يكون إلى الفنان ، وبكلمات چورج برنارد شو : « . . . إن عمل الفنان أن يكشف لنا عن حقيقة أنفسنا . وما عقولنا إلا معارفنا هذه عن أنفسنا ، وكل من يضيف إلى هذه المعارف إنما يخلق عقلا جديدا بقدر ما تخلق المرأة جيلا جديدا من الرجال » .

والحقيقة ، أن كل إضافة إلى ذهن الإنسان ، فى ميدان العلم ، لا بد وأن تأتى كاتساع فى حدود المعرفة ، لا كومضة تلمع فى الظلام خارج هذه الحدود . وكل مارد من مردة العلم يرتفع دائماً على أكتاف مارد آخر سبقه . ويذكر لنا الفصل الأول قصة المارد غاليليو الذى قدم فكرة القصور لكى يربط الميكانيكا السماوية التى وضعها كپلر بخبرتنا الأرضية حول الأجسام الساقطة . وكان كپلر قد بنى نظامه على فروض كوپرنيكوس ، وجاءت أعمال غاليليو ، بدورها ، فوضعت الأساس لتحاليل نيوتن الكلاسيكية فى علم الميكانيكا .

ويعكس هذا الكتاب بكل جلاء صفة الاتصال فى تطور العلم ، عندما يعرض وصول أكثر من عالم إلى نفس الكشف

فى وقت واحد . نحن نرى كيف ارتبك نيوتن عندما وجد أن هوك قد توصل إلى فكرة الجاذبية بشكل مستقل ، كما نذكر الخلاف الذى دب بين نيوتن وليبنتز حول أسبقية كل منهما فى كشف حساب التفاضل والتكامل . ويرجع الفضل إلى كل من لافوازييه وپريستلى فى فصل غاز الأكسچين . وكشف هنرى وفاراداى ، فى نفس الوقت ، عن الأثر المغناطيسى للتيار الكهربى . وكاد والاس يسبق داروين فى نشر نظرية الانتقاء الطبيعى . وليس فى ميسورنا أن نرجع ذلك إلى مجرد الصدف ، فهو شىء كثير الحدوث . ويمكن تفسير هذه الظاهرة فى الوحدة التى يتصف بها العلم ، تلك الوحدة التى تتخطى كل الاتجاهات التى تميل إلى تقسيم العلم إلى ميادين متباينة للمعرفة . ولا ينتظر من العلماء الذين يقتربون من المجهول ، وكلهم على أرض واحدة من المعرفة ، ونفس الدوافع تحرك كلا منهم ، إلا أن يوجهوا إلى أنفسهم نفس الأسئلة .

يعالج القسم الأول من هذا الكتاب ما نعنيه حقا عندما نقول : « إن الشمس قد بزغت » أو إن « التفاحة تسقط من الشجرة » . إن دوران الأرض حول محورها ، وقوة الجاذبية ، تبدو اليوم معلومات عادية لا تستدعى من المرء كثيرا من الالتفات فى حياته اليومية . غير أنه من المفيد أن نتذكر أن القول بوجود قوانين فيزيائية عامة تنطبق فى السماء وعلى الأرض كان هرطقة فى وقت

من الأوقات . لقد أدى النجاح الذى أحرزه علم الفيزياء إلى تغيير عميق فى الرأى العام الذى يسود المدنية الأوروبية .

وبينما حركة التنوير تحرز نصرا بعد نصر ، كان من الواضح أن حساب التفاضل والتكامل يمكن أن يحيط بكافة المعارف الممكنة . غير أن لابلاس واجه قارئا شابا ناقدا مدققا ، حتى قبل أن ينشر الجزء الأخير من كتابه « حركة الأجرام السماوية » . كان وليام رووان هاملتون عندئذ فى السادسة عشر من عمره ، وبالرغم فى أن أفكار لابلاس قد بهرته ، إلا أنه فطن إلى الصعوبات التى واجهت لابلاس وكيف قفز فوقها أو أخفاها . حقاً إن هاملتون لم ينجح فى إقامة ميكانيكا جديدة للأجرام السماوية ، غير أنه كشف جبرا جديدا غريبا لا تتساوى فيه ا ب مع ب ا . ويستخدم هذا الجبر غير التبادلى الآن فى وصف أحداث فى علم الفيزياء لا يحلم علم التفاضل والتكامل أن يعالجها .

وكان چورج فرانسيس فيتزچيرالد وجها جديدا أصيلا لم تقدر قيمته الحقيقية إلا فى القرن العشرين . كان هو الذى قدم الفكرة الغريبة القائلة بأن العصا قد تنكمش والساعة قد تبطىء ، وذلك حتى تتحقق معادلات الحركة . واليوم يدرك كل منا سلامة هذه الفكرة ، ذلك أننا نعلم أن المعادلة التالية تسود العالم من حولنا :

الطاقة = الكتلة فى مربع سرعة الضوء ، كما نعلم أن الجسيمات ذات العمر القصير تعيش فترة أطول عندما تصبح سرعتها قريبة من سرعة الضوء .

وكان كشف بريستلى ولافوازييه فى نفس الوقت لغاز الأكسچين أكثر من مجرد صدفة ، إنه تعبير واضح عن أهمية النظرية فى تفهم الظواهر المشاهدة . لقد أجرى كل من الرجلين تجارب عبقرية أدت إلى فصل عوامل ونواتج الاحتراق الأساسية . أما بريستلى ، الرجل البعيد عن السياسة ، فقد كان محافظا متعنتا فى العلم ، وكان راضيا على نظرية الفلوچستون القديمة ونجح فى « إنقاذها » عندما قام بتحليل نتائجه . وأما لافوازييه فقد بدأ بفرض مختلف تماما عن طبيعة الاحتراق ، ومن ثم فإنه تعرف على غاز الأكسچين كعنصر ، وغاز ثانى أكسيد الكربون كمركب . وكان تفسيره للنار إيذانا ببدء عهد جديد تلعب فيه وسائل الفيزياء دروا كبيرا فى حل مشاكل علم الكيمياء .

ومن العجيب أن التاريخ يكشف لنا أن الإنسان بدأ يتفهم الكهربية قبل أن يصحح مفهوماته الخاطئة عن النار . غير أن بنيامين فرانكلين لم يكن مجربا جريئا فحسب ، بل كان كذلك بارعا فى النظريات . إن الرجل الذى « خطف البرق من السماء وانتزع الصولجان من يد الطاغية » فعل أكثر من مجرد توضيح أن البرق

لا يختلف عن الشرارة التى يستحدثها الإنسان . وما زالت آراؤه الخاصة « بالسيال » الكهربى الواحد أو اتجاه سريان الكهرباء أو عدم فناء الشحنة ، ما زالت متضمنة فى النظريات الكهربية حتى اليوم .

ولقد حاول الدكتور فرانكلين ، الحاكم ، أن يعجل بأقلمة العلم حتى يكون ذا فائدة مباشرة لمواطنيه الأمريكيين . وبعد جيلين لاحظ توكيفيل أن هذه الأمة الجديدة « لا تتطلب من العلم أكثر من أن يلعب دوره التطبيقى فى الفنون المفيدة ، وأن يجعل الحياة أكثر أمنا وراحة » . وتكشف قصة جوزيف هنرى بشكل قاس عن دقة هذه الملاحظة ، ذلك أن واحدا من مواطنيه لم ير فائدة مباشرة لقضبانه الممغنطة أو ملفاته ، بل إن كشفه لظاهرة التأثير الكهربى عام ١٨٣١ لم ينشر حتى عام ١٨٣٣ بعد أن أصاب فاراداى قدرا كبيرا من الشهرة وأعلن عن كشفه لنفس الظاهرة .

وكانت النتيجة المباشرة لنشاط فاراداى وهنرى أن دارت المولدات الأولى على جانبى الأطلنطى . غير أن الفرق بين المعهد الملكى الذى كان يعمل فيه فاراداى وورشة المدرسة التى كان يعمل فيها هنرى ، عبر عن نفسه بوضوح إذ كانت إنجلترا أكثر إدراكا للمدلول العميق للتجارب التى قام بها كل من العالمين الكبيرين . أما كلارك ماكسويل فقد كان يبحث عن تعبير رياضى شامل للصورة

التجريبية فى ميدانى الكهربية والمغناطيسية . وربطت معادلاته بشكل غير منتظر بين الظواهر الكهربية المغناطيسية والظواهر الضوئية ، كما أوضحت هذه المعادلات أن طيف الضوء إن هو إلا شريط ضيق من الطيف العام للطاقة المشعة . وسرعان ما كشفت التجارب ، التى أدت معادلات ماكسويل إلى إجرائها ، عن وجود موجات الراديو غير المرئية . وكذلك وجهت هذه المعادلات القائمين على إجراء التجارب إلى احتمال وجود إشعاعات طول موجاتها أقل من طول موجات الضوء . وكان كشف الأشعة السينية وأشعة جاما إيذانا بفتح الطريق أمام علم الفيزياء النووى أو الذرى .

ولعل فى هذا العرض ما يبين لماذا يوضع ماكسويل إلى جانب نيوتن فى تاريخ العلم ، ذلك أن ماكسويل وضع نظاما متكاملا يلقى الضوء والتوجيه على أعمال الأجيال الماضية والتالية من العلماء .

أما هارفى وداروين وپاڤلوف فهم علماء من طراز آخر ، ذلك أن القياسات الدقيقة التى تنطبق فى علم الفيزياء لا تجد لها مجالا فى عمليات الحياة . والكشوف البيولوچية قد تبدو ، من بعض الجوانب ، أقل أهمية للرجل المثقف من معادلات ماكسويل مثلا . ولكن ، هل هناك مقياس يمكنه أن يزن بدقة عمق الإدراك اللازم لمعرفة الدور الذى تقوم به صمامات الأوردة ، أو مدى

التخيل اللازم لإدراك التحولات التى عانتها الكائنات الحية فى جزر جالاباجوس ، أو أصالة المجرب الذى اتخذ إفرازات العصارات المعدية كدليل على العمليات غير المرئية التى تحدث فى الجهاز العصبى ؟ وإذا كان النجاح الباهر الذى أحرزته الوسائل العلمية فى ميدان علم الفيزياء قد لفت النظر فى السنين الأخيرة ، فإن علوم الحياة قد كشفت عن فوائد مباشرة هامة لخير الإنسان . لقد بين هارفى أن قوانين الميكانيكا تطبق فى حجرات القلب . ولا يقل دارون عن غاليليو أهمية من حيث انتزاعه لفكرة تربع الإنسان على مركز الخلق . وفتح بافلوف الطريق أمام البحث المنطقى لسلوك الإنسان وشخصيته .

أما أبطال القسم الأخير من هذا الكتاب فقد يبدو أنهم وجوه أقل أهمية من سابقيهم . غير أنه كان من المنتظر أن تلمع شهرة بابيج لو أنه ولد متأخراً نصف قرن ، وكذلك رامانوچان لو أنه عاش حتى ينجز ما وضعه نصب عينيه . أما لويس كارول ، الذى خط قلمه أعظم الكتابات باللغة الإنجليزية (بعد الإنجيل وشاكسبير) فلا شك أنه يحتل مكانا مرموقا فى تاريخ العلم .

هيئة التحرير *

* تضم هيئة التحرير : چيرارد بيل (الناشر) ، دينيس فلاناچان (رئيس التحرير) ، ليون سفيرسكى (مدير التحرير) ، چيمس . ر . نيومان ، أ . ب . روزنباوم ، چيمس يرونباوم (المدير الفنى) .

القسم الأول

نظام العالم العظيم

١ - غاليليو

بقلم أ. برنارد كوهين

٢ - اسحاق نيوتن

بقلم أ. برنارد كوهين

يشغل أ. برنارد كوهين منصب أستاذ مساعد لتاريخ العلوم والتربية العامـــة فى جامعة هارڤارد. تخرج كوهين فى كلية هارڤارد عام ١٩٣٧ وظل يعمل بها مدرسا لعلم الفيزياء بينما يستكمل دراساته فى تاريخ العلوم تحت إشراف المرحوم چورچ سارتون. وحصل على درجة الدكتوراه عام ١٩٤٧، وكانت الحرب وتدريب جنود البحرية وطلبة الجيش، هما السبب فى هذا التأخير. ويعمل كوهين محرراً لمجلة خاصة بتاريخ العلوم هى مجلة «إيزيس»، وألف كتاب «العلم: خادم الإنسان»، وهو كتاب يعالج بشكل مقنع أهمية التعضيد المالى من جانب الرأى العام للبحوث العلمية الهامة.

٣ — روبرت هوك

بقلم أ . ن . داك . أندراد .

ظل أ . ن . داك . أندراد يحتل عدة سنين مركز أستاذ علم الفيزياء فى جامعة لندن ، غير أنه اشتهر أخيراً بدراساته الخاصة بتاريخ العلوم . ولد فى لندن عام ١٨٨٧ فى عائلة برتغالية الأصل . وعندما التحق بجامعة لندن بدأ فى دراسة تركيب المعادن ، وكشف ما يعرف اليوم بقانون أندراد الخاص بزحف المعادن . وحصل بعد ذلك على درجة الدكتوراه فى جامعة هيدلبرج وعمل فى معمل إرنست رذرفورد فى منشستر . وفى عام ١٩١٣ حصل على أول قياسات لطول موجات أشعة جاما . وقام بخدمته العسكرية فى فرنسا خلال الحرب العالمية الأولى ، ثم قام بتدريس علم الفيزياء فى كلية المدفعية حتى عام ١٩٢٨ حين عين فى جامعة لندن . وتلقى أندراد كثيراً من أشكال التكريم ، وصار منذ ١٩٣٥ عضوا فى الجمعية الملكية . وهو يمتلك مجموعة كبيرة من الكتب العلمية التى كتبت فى القرن السابع عشر ، هذا بالرغم من أن جزءاً كبيراً من هذه المجموعة قد دمر أثناء غارات الألمان .

٤ — لابلاس

بقلم جيمس . ر . نيومان

ولدچيمس . ر . نيومان فى مدينة نيويورك عام ١٩٠٧ ، وأسرع فى دراساته للرياضيات فى كلية نيويورك ، وفى دراساته للقانون بمدرسة القانون بكولومبيا ، وصار محاميا وهو لم يتجاوز الثانية والعشرين من عمره . غير أنه لم يستغل مواهبه فى ممارسة المحاماة وآثر أن يستغلها ، بالاشتراك مع المرحوم إدوارد كاستر ، فى كتابة كتاب عنوانه « الرياضيات والتخيل » ، نشره سيمون وشوستر عام ١٩٤٠ ومازال يباع منه ٨٢ نسخة كل شهر ، وبلغت عدد النسخ المبيعة منه ٤٢٫٠٠٠ نسخة فى ١٤ طبعة . وشغل نيومان خلال الحرب عددا من المناصب المدنية الهامة فى وزارة الحربية وفى هيئة الإنتاج الحربى وفى السفارة الأمريكية فى لندن . وكان نيومان من القلائل من غير المشتغلين بالعلم الذين لم يفاجئوا بنجاح مشروع مانهاتن ، ومن ثم فإنه استطاع أن يلعب دورا فعالا كمستشار للجنة مجلس الشيوخ المختصة بالطاقة الذرية معضدا تكوين لجنة مدنية للطاقة الذرية ومعارضا رأى المطالبين بالإشراف العسكرى . وعندما تكونت مجلة « العالم الأمريكى » « الجديدة » فى مطلع عام ١٩٤٨ صار واحدا من هيئة تحريرها وأخذ على عاتقه توجيه القسم الخاص بعرض الكتب العلمية .

غاليليو

بقلم : ا . برنارد كوهين

لعل اسم غاليليو أكثر الأسماء شيوعا فى المدونات العلمية ؛ غير أن الآراء تختلف اختلافا بينا فيما يتعلق بالأعمال التى قام بها بحيث يصعب على العالم العادى أن يحدد بدقة ما حققه غاليليو . يذكر لنا بعض الكتاب أن غاليليو كان تجريبياً ، وأنه صاحب « المنهج العلمى » لدراسة « الحقائق العامة للطبيعة » ، ويوضحون ذلك بذكر ما نسب إليه من أنه كشف قوانين الأجسام الساقطة عن طريق الملاحظة المتكررة لما يحدث عندما تسقط كرات متباينة الأوزان من قمة برج بيزا المائل . هذا ، بينما يذكر آخرون أن غاليليو لم يتعلم شيئاً من خلال التجارب ، وأنه لم يلجأ إلى التجربة إلا لكى يتحقق من نتيجة وصل إليها فعلا عن طريق التدليل الرياضى والاستنتاجات القائمة على فروض أولية . وبينما يضفى كثير من الكتاب على غاليليو لقب « أبو العلم الحديث » ، يقول البعض إن جل ما حققه غاليليو فى ميدان العلم ترجع أصوله إلى نهاية العصور الوسطى . وبينما يتفق كثير من المعلقين مع السير

دافيد بروستر فى رأيه القائل بأن غاليليو أحد « شهداء العلم » ، يوافق آخرون على رأى أ . ن . هوايتهد القائل بأن العقوبة التى أوقعتها لجنة التحقيق الرومانية على غاليليو لم تتعد « تحفظاً يحيط به التكريم وعتابا هادئا قبل أن يموت بسلام وهدوء على سريره » .

ماذا يفعل العالم الذى يجابه بهذه الآراء المتناقضة يقدمها كتاب محترمون ، وعليه أن يختار لنفسه رأيا منها ؟ إن هذا المثل يدعونا إلى تأكيد الحاجة إلى متابعة المنح الدراسية الخاصة بتاريخ العلم ، بل والتوسع فيها . ذلك أن فهم المدلول الحقيقى لما قام به غاليليو فى علمى الفيزياء والفلك ، يتطلب منا أولا وقبل كل شىء معرفة واضحة لمدى اتساع وطبيعة العلم الذى كان سائداً إذ ذاك ، كما يتطلب بعد ذلك معرفة كافية لتاريخ العلوم الفيزيائية منذ ذلك الوقت ، بهذا يمكننا أن نقـيّم العناصر التى ثبت أثرها الفعال فى تقدم العلم .

ولعل الصعوبة التى نواجهها فى تفسير أعمال غاليليو ناجمة ، لحد كبير ، من طبيعة فكره وكتاباته . إنه كان يحيا فى فترة خصبة تحدد نهاية العصور الوسطى وعصر النهضة وبداية عصر العلم الحديث ؛ ومن ثم فإن غاليليو كان شخصية انتقالية ، إحدى قدميه فى الماضى ، بينما الأخرى تمتد إلى المستقبل . والنتيجة ، أن من الغرور الذى


BERNARDA
BRYSON

لا حد له أن يدعى المرء الملاءمة بين هذه التناقضات فى التفسيرات المختلفة التى قدمت خلال المائة عام الماضية . غير أن ذلك لا ينفى بروز عدد من الجوانب فى الأعمال التى حققها غاليليو .

كان غاليليو عالما فيزيائيا وفلكيا ورياضيا . وقدم أول مساهمة هامة له فى علم الفلك عام ١٦٠٤ عندما كان أستاذاً فى جامعة پادوا ، ذلك المنصب الذى شغله عام ١٥٩٢ وعمره ثمانية وعشرون عاما . وحدث ذلك عندما بدا فى السماء نجم جديد ، مستعر ، وأثار كثيراً من الاهتمام بين العلماء والطلبة ورجل الشارع فى كل مكان . وألقى غاليليو محاضرة عامة أوضح فيها ، على أساس من المشاهدات الدقيقة ، أن هذا النجم الجديد نجم حقاً ، ولا يمكن أن يكون شهابا عابراً فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض ، لأنه لم يكشف عن أى أثر للتزيح ، وأنه لابد وأن يكون نجما ثابتاً بعيداً من بين النجوم الثابتة البعيدة عن نطاق نظامنا الشمسى . وتنبأ غاليليو بأن هذا النجم سيظل مرئيا لفترة قصيرة ثم يختفى بعد ذلك .

وليس من السهل أن ندرك الآن مدى الجرأة فى قول غاليليو . ذلك أن النظرة العامة التى كانت سائدة إذ ذاك فيما يتعلق بالعالم الخارجى كانت أرسطية فى مجموعها ، وكان الاعتقاد السائد هو أن السماوات تتصف بالكمال وعدم التغير ولا تعانى نموا أو تحللا .

إن الأرض فقط ، وهى مركز الـكون ، هى القابلة للتغير . وقوانين الفيزياء على الأرض تختلف اختلافا بينا عن قوانين الفيزياء التى تنطبق على الأجرام السماوية .

وكان رأى غاليليو القائل بأن هذه السماوات الكاملة وغير القابلة للتغير قد تعانى من النمو أو من التحلل ، لابد وأن يصطدم بالأرسطيين . ولعل هؤلاء الأرسطيين ، كما يقول ج . ج . فاهى ، أحد مؤرخى غاليليو ، قد « تضايقوا من ظهور هذا النجم » بقدر ما « تضايقوا مما فعله غاليليو حين لفت النظر إلى هذا النجم بقوة وبشكل علنى » . وعلى أية حال فقد كان الهجوم على غاليليو أسهل من الهجوم على النجم ذاته . ولم يتوان غاليليو عن التقاط القفاز ، وانتهز الفرصة لدحض العلم الفيزيائى الأرسطى القديم ، الذى كان يؤمن بعدم صلاحيته ، ومعه النظام البطليموسى للـكون الذى يعتبر الأرض بمثابة المركز فى هذا الـكون .

* * *

وكان غاليليو إذ ذاك واحـــداً من الذين اعتنقوا آراء كوبر نيكوس ، بالرغم من أنه لم يكن قد جرؤ على إعلان ذلك « خوفا من أن ألاقى مصير أستاذنا كوبر نيكوس » ، كما كتب فى خطاب منه إلى جوهان كپلر . غير أن غاليليو ما كاد ينتهى

من دراساته عن هذا النجم الجديد حتى عنت له فرصة رائعة للتيقن من آراء كوبر نيكس . وكانت هذه الفرصة أهم حدث فى حياة غاليليو كعالم فلكى . كتب يقول :

« منذ عشرة أشهر وصلت إلى أسماعنا همهمة تقول إن رجلا هولنديا توصل إلى عمل جهاز بصرى يجعل المرئيات تبدو قريبة للإنسان ، حتى ولو كانت بعيدة جداً عنه . وسرت أقاويل كثيرة حول الأثر العجيب لهذا الجهاز أكدها البعض ونفاها البعض الآخر . وبعد أيام وصلنى خطاب من الفرنسى النبيل چاكوب بادوفير يؤكد صحة هذه الإشاعة ، الشىء الذى دعانى إلى البحث عن النظرية والوسائل التى قد تصل بى إلى اختراع جهاز مماثل . ولقد تحقق هذا الهدف بعد فترة قصيرة ، وعلى أساس من دراسة نظرية انكسار الضوء ، وصنعت ماسورة من الرصاص مثبت فى أحد طرفيها عدسة محدبة ، ومثبت فى الطرف الآخر عدسة مقعرة » .

بهذه الكلمات وصف غاليليو تعارفه على التلسكوب أو المنظار المكبر . وجاء هذا الوصف فى كتابه العظيم « رسول النجوم » الذى نشره فى فينسيا عام ١٦١٠ . وبالرغم من أن عددا من الأشخاص كان يدّعى كل منهم أنه صاحب الفضل فى هذا الاختراع ، إلا أنه من المقطوع به أن غاليليو كان أول من وجه التلسكوب لمشاهدة

الأجرام السماوية . وكانت هذه تجربة فريدة فى تاريخ الإنسان ، فقد مرت آلاف السنين والإنسان لا يرى السماء إلا بعينه المجردة . وما كان لأحد أن يعلم عظمة ما يقع خارج نطاق رؤية العين المجردة . وحيثما وجه غاليليو منظاره المكبر وجد حقائق جديدة تدعو إلى الدهشة والعجب .

بدأ غاليليو بدراسة القمر ، واستنتج أن « سطح القمر ليس كامل الملاسة دائريا بالضبط ومتجانسا تماما . وكان الكثير من الفلاسفة يعتقد أن هذه الصفات تنطبق على القمر والأجرام السماوية الأخرى ... غير أن سطح القمر ، على العكس من ذلك ، ملىء بالفجوات والنتوءات ، تماما مثل سطح الأرض الذى تعتريه هنا ربى عالية وهناك وديان عميقة » . بل إن غاليليو ذهب إلى حد تقدير ارتفاع الجبال على سطح القمر ، ووصل إلى نتيجة تتفق فى القدر مع النتائج الحديثة . وكان يعتقد أول الأمر أن المساحات الداكنة والمضيئة على سطح القمر إنما تعكس الأرض والماء ، ولكن علينا أن نتذكر هنا أن المبتدئين فى دراسة علم الفلك يعتقدون نفس الاعتقاد عند النظر إلى القمر أو إلى صورة من صوره . .

* * *

وانتقل غاليليو بعد ذلك إلى النجوم وكشف فى التو أن هناك فرقا بين النجوم الثابتة والكواكب أو السيارات . « إن أقراص الكواكب تبدو مستديرة كاملة الاستدارة كما لو كانت مرسومة بالفرجار ، وتبدو وكأنها عديد من الأقمار الصغيرة الكروية المضيئة ؛ غير أن النجوم الثابتة لا تبدو للعين المجردة محدودة بمحيط دائرى [كأنها كذلك فعلا !] ، ولكنها تبدو وهجا من الضوء يرسل أشعته المتلألئة إلى كافة الاتجاهات . وهى تبدو كذلك سواء نظرنا إليها بالعين المجردة أو بالمنظار المكبر ... » . كما أشار غاليليو إلى أن المنظار المكبر مكنه من رؤية « عدد هائل يفوق التصور من النجوم الأخرى التى لا تصل إليها العين المجردة ... » .

وانتقل غاليليو بعد ذلك إلى مشاهدة المجرة أو طريق التبانة وتعجب أشد العجب إذ وجده « مجرد عدد لا حصر له من النجوم موزعة فى مجموعات » . وأكثر من ذلك ، لقد وجد أن كافة « السدم » ، التى استعر بخصوصها جدل طويل ، ما هى إلا كتل من النجوم .

وختم غاليليو مشاهداته « بموضوع يبدو لى أنه أهم موضوع قمت به ، وهو أننى أعلن للعالم أنى كشفت وشاهدت أربعة كواكب لم يحظ الإنسان برؤيتها منذ وجد حتى وقتنا هذا . . » .

فى السابع من يناير عام ١٦١٠ كان غاليليو يشاهد كوكب المشترى عندما لاحظ « وجود ثلاثة نجوم صغيرة ولكنها لامعة جداً وتقع إلى جوار الكوكب . وبالرغم من أننى كنت أعتقد أنها من بين النجوم الثابتة ، إلا أننى عجبت لها بعض الشىء إذ بدا لى أنها مرتبة فى خط مستقيم يوازى دائرة البروج ، وأنها أكثر لمعانا من بقية النجوم التى تساويها فى القدر ... كان هناك نجمان إلى الشرق [شرق المشترى] وواحد إلى الغرب ... وفى الثامن من يناير دفعنى القدر إلى أن أوجه منظارى إلى نفس الرقعة من السماء ، ولاحظت أن الأمور قد تغيرت ، فقد رأيت ثلاثة نجوم صغيرة تقع كلها إلى غرب المشترى وأقرب إلى بعضها من الليلة الماضية وتفصل بين الواحد منها والآخر مسافات متساوية ، كما يبدو من الرسم المصاحب » .

واستمر غاليليو ، ليلة بعد ليلة ، يشاهد هذه المجموعة من « النجوم » ، وأخيراً « قرر دون تردد أن هذه النجوم الثلاثة تدور حول المشترى ، كما تدور الزهرة وعطارد حول الشمس . ولقد أثبتت المشاهدات التالية هذه الحقيقة بشكل واضح وضوح النهار . كما دلت هذه المشاهدات أن هناك أربعة أجرام سماوية ، لا ثلاثة فحسب ، تدور حول المشترى ... » .

ولقد ذكر غاليليو أن كشف الأقمار الأربعة التى تدور حول

المشترى ، والتى سماها « كواكب » ، بمثابة حجة رائعة تقضى على العجب الذى يساور هؤلاء الذين يقبلون دوران الكواكب حول الشمس فى النظام الكوپرنيكى ، ولكنهم ينزعجون لدوران القمر حول الأرض ... فنحن نقابل الآن لا كوكبا واحدا يدور حول آخر ... ولكن أربعة توابع تدور حول المشترى ، كما يدور القمر حول الأرض ، بينما المشترى وتوابعه تدور فى مدار هائل حول الشمس يستغرق اثنتى عشرة سنة » . وتوصل غاليليو كذلك إلى كشف هام آخر : هو أن كوكب الزهراء له أطوار تماثل أطوار القمر ، من البدر الكامل إلى الهلال الرفيع . وهذه هى كلمات غاليليو : « إن مشاهدة هذه الظواهر العجيبة تؤدى بنا إلى أن نصل إلى نتيجة حاسمة تتفق مع شواهد الحس لدينا ، فيما يتعلق بموضوعين هامين ناقش المثقفون فيهما طويلا وتوصلوا إلى نتائج متباينة . أما الموضوع الأول فهو أن الكواكب أجرام غير مضيئة بذاتها (هذا إذا كان لنا أن نطبق آراءنا عن الزهراء ، على عطارد أيضا) . . . والموضوع الثانى هو أننا مضطرون إلى القول بأن الزهراء (وكذلك عطارد) تدور حول الشمس ، شأنها شأن بقية الكواكب . تلك حقيقة كان يؤمن بها الفيثاغوريون وكوپرنيكوس وكپلر ولكنها لم تثبت بشواهد حسية ، ولكنها ثبتت الآن فى حالتى الزهراء وعطارد » .

وكان كشف غاليليو لأطوار الزهراء بمثابة تحد مباشر للنظام البطليموسى المعترف به . ذلك أن النظام البطليموسى كان يرى أن الزهراء تتحرك فى تدوير ، أى فى مدار دائرى يظل مركزه دائما بين الأرض والشمس . وإذا كان الأمر كذلك ، وإذا كانت الزهراء ، كما بين غاليليو ، تلمع نتيجة لانعكاس الضوء من الشمس فمن الممكن أن ترى بعض الأطوار الهلالية للزهراء ، ولكنه يستحيل عندئذ أن ترى الزهراء كنصف دائرة أو دائرة كاملة أو أى طور بينهما . غير أن غاليليو شاهد فعلا كافة هذه الأطوار .

* * *

أدت كشوف غاليليو إلى جعل النظام الكوپرنيكى « نظاما مقبولا من جهة النظر الفلسفية » ، وذلك عندما احتلت الأرض مكانة مماثلة للكواكب الأخرى وللقمر . ولقد بين غاليليو كيف أن الأرض تضىء مثل بقية الكواكب ، بعكس ضوء الشمس ، وذلك عندما لاحظ أن النصف المظلم من القمر التربيعى يضىء بشكل خافت نتيجة للضوء المنبعث من الأرض . وإذا كان لنا أن نشاهد الأرض من منظار مكبر موضوع على القمر أو على الزهراء ، لرأينا كيف أن الأرض تبدو فى أطوار مختلفة شأنها فى ذلك شأنهما . ويقول غاليليو فى هذا الصدد : « إن الأرض ، بكل عدل

وتقدير ، ترد الجميل إلى القمر ، إنها تبعث إليه بضوء يكافىء ذلك الضوء الذى تقبله منه خلال الليالى المعتمة » .

أما الشمس فإنها تضىء من ذاتها ، وهى لهذا تختلف عن الأرض والقمر وبقية الكواكب . وإذا كان لابد من وضع جرم بعينه فى مركز الكون فلا بد وأن تتمتع الشمس - لا الأرض - بهذا المركز ! الشمس فى المركز ومن حولها تدور الكواكب ، وعطارد بتوابعه الأربعة يدور كذلك بنفس الطريقة . هذا هو نموذج النظام الشمسى .

إن حياة غاليليو والأعمال التى حققها تكشف عن وحدة فى الهدف يندر وجودها عند العلماء ، فنشاطه فى مجال الميكانيكا يكمل نشاطه فى ميدان الفلك بحيث يصبح الجميع كلا متكاملا . ويبدو من كتابات غاليليو أنه كان يتمتع بإحساس ميكانيكى حق وبقدرة عبقرية على الاختراع . كان أحد كشوفه الأولى أن البندول ، صغيراً كان أو كبيراً ، يأخذ نفس الوقت فى الذبذبة الواحدة . وسرعان ما استخدم هذا الكشف فى اختراع « جهاز قياس النبض » يستطيع بوساطته أن يقارن بين معدلات النبض بطريقة تسجيل ميكانيكية . وكان غاليليو شديد الاهتمام بالميكانيكا ، لا لأنها كانت هواية طبيعية لديه فحسب ، ولكن لأنه كان يعتقد

أنها علم كونى يمثل الرباط بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية ، وأنه إذا استطاع الوصول إلى قوانين الحركة على الأرض ، فسيكون فى ميسوره أن يطبق هذه القوانين على حركة الكواكب والنجوم . كان يطمح فى أن يكشف للناس أن النظام الكوبرنيكى يرى أن الكواكب تتبع فى مسارها فى السماء قوانين منتظمة وبسيطة ، بعكس ما تقول به النظرية القديمة من أن كل منها يهتدى « بقوة ذكية خاصة به » .

ولا شك أن غاليليو عندما كان يبحث عن علم الميكانيكا ينطبق على الكون بأسره ، على الأرض وفى السماء ، لا شك أنه كان يقف بشدة فى وجه الرأى الذى كان سائداً إذ ذاك ، وهو رأى أرسطو ، الذى فرق بحدة بين قوانين الحركة على الأرض والقمر وقوانين الحركة فى الكون « السماوى » الذى يلى القمر . ففى عالم ما تحت القمر تحدث « الحركة الطبيعية » فى خط مستقيم . فالتفاحة تسقط من الشجرة إلى أسفل لأنها « ثقيلة » ومكانها الطبيعى « إلى أسفل » ، ولإجبارها على أن تتحرك فى اتجاه يعاكس طبيعتها ينبغى بذل « حركة عنيفة » . أما فى عالم ما فوق القمر فالأمر على عكس ذلك ، إذ أن الحركة الطبيعة ، حركة دائرية ، وهى الحركة التى تناسب المادة الكاملة التى تتكون منها هذه الأجرام السماوية .

وعندما كشف غاليليو عن التشابه بين الأرض والقمر

والكواكب مشيراً إلى أنها لابد وأن تتبع نفس القوانين ، كان فى الحقيقة يجمع بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية فى علم فيزيائى كونى واحد . ويمكننا أن نعتبر الثورة فى التفكير الفيزيائى التى حققها غاليليو على أنها تركيز اهتمام الناس على مشكلتى الحركة والتغير . لقد أثبت أن الشمس ، وهى أكثر الأجرام السماوية « كمالا » ، عرضة للتغير ، إذ تتغير البقع فيها عند النظر إليها بمنظار غاليليو ! وعلى أية حال فقد كان غاليليو يرى أن كون الأجسام غير قابلة للتغير أو التحول « لا يضفى عليها عظيم الشرف » ، كما وأن الأرض لا تتصف « بالحقارة » لأنها تتغير .

وفيما يلى كلماته : « إننى أرى أن الأرض شىء نبيل جداً ويدعو إلى الإعجاب ، وذلك لكثرة التحولات والطفرات والتولدات التى لا تتوقف فيها ؛ كما إننى أرى أنه إذا كانت الأرض لا تعانى هذه التغيرات ، وكانت مجرد كتلة هائلة من الرمال أو من اليشب ، ولو أنها استمرت كرة هائلة من البللور لا ينمو فيها شىء أو يتغير أو يتبدل ؛ لما كان لها فى ناظرى قيمة أو فائدة ولكانت مليئة بالخمول ولا ضرورة لوجودها على الإطلاق ... هل هناك غباء يمكن تصوره أكثر من نسمى الجواهر والذهب والفضة أشياء ثمينة ، وأن نسمى التراب والوسخ أشياء وضيعة ؟ أفلا يرى هؤلاء الناس أنه إذا كان التراب نادرا ندرة الجواهر والمعادن الثمينة

فإن أى أمير سيسعد بأن يقدم كومة من الماس وأكياسا من الذهب، ويأخذ نظير ذلك حفنة من تراب تملأ إناء صغيراً يزرع فيه عوداً من الياسمين ويراه ينبت أمام ناظريه وتنبثق منه الأوراق الخضراء والورود ذات العبير؟ إن الندرة أو الوفرة، إذن، هى التى تجعل العامة يقدرون هذا الشيء أو يحقرونه».

* * *

ونحن سنكتفى هنا بأن نتناول ثلاثة جوانب من علم الميكانيكا الذى وضعه غاليليو: قانون الأجسام الساقطة، قاعدة القصور، وتحليل وتركيب الحركات المستقلة. ويعتبر قانون الأجسام الساقطة أشهر كشوف غاليليو. وتدل البحوث الحديثة على أن أعمال غاليليو المتعلقة بالأجسام الساقطة كانت شيئاً أصيلا ومبدعا من حيث استخدام القانون أكثر منها من حيث العبارات التى صاغ بها ذلك القانون. قال أرسطو إن سرعة الجسم الساقط تتوقف على مقاومة الوسط الذى يسقط فيه الجسم، فقطعه من الحجر مثلا، سوف تسقط فى الهواء بأسرع مما تسقط فى الماء. وقال كذلك إنه إذا سقط جسمان فى وسط مقاوم مثل الهواء فإن سرعة كل منهما ستتوقف على وزنه. ولقد عبر كثير من الكتاب، حتى قبل غاليليو، عن شكوكهم فى هذه القاعدة، فبين

چون فيلوبونوس فى القرن السادس أن العكس هو الصحيح ، وذلك عن طريق تجربة قام بها . وعالج غاليليو هذه المشكلة باستخدام قواعد التدليل المنطقى والرياضيات أكثر منه باستخدام التجربة المباشرة .

لقد اعتبر احتمالين فى حالة الحركة ذات العجلة المنتظمة التى بدأت من حالة السكون : (١) أن السرعة تتناسب مع مسافة السقوط ، (٢) أنها تتناسب مع فترة السقوط . أدى به الاحتمال الأول إلى تناقض ظاهر ، ومن ثم فقد قبل الاحتمال الثانى وهو القانون المعروف الآن والذى يقول بأن السرعة تساوى العجلة مضروبة فى الزمن : س = ع ن . ثم استخدم بعد ذلك البرهان المعروف الذى يقول بأن الجسم ذا العجلة المنتظمة يتحرك خلال مسافة ف فى فترة من الزمن ن تساوى المسافة التى يتحركها خلال نفس الزمن لو أنه سار بمتوسط السرعة ، وتوصل من ذلك إلى قانون مماثل للقانون التالى : ف = $\frac{1}{2}$ ع ن^{2} .

وعندما أراد غاليليو أن يتحقق من ذلك القانون اقترح تجربة الحركة على سطح مائل ، كوسيلة « لتخفيف الجاذبية » تمكن الإنسان من دراسة الحركة المتدحرجة البطيئة نسبياً لجسم ساقط على سطح مائل ، باستخدام الساعة المائية . ويعتمد هذا الاختبار

على نظرية غاليليو الهامة المتعلقة بتركيب الحركات . فالجسم المتحرك على سطح مائل ، حسب نظرية غاليليو ، يمكن تحليل حركته إلى عنصرين : الحركة الأفقية أو إلى الأمام ، والحركة الرأسية أو الساقطة ، وكل منهما منفصلة عن الأخرى . ولقد بين غاليليو ، من تجاربه على الأجسام الساقطة على سطوح مائلة ، أن هذا القانون ف = $\frac{1}{2}$ ع ن^{2} ينطبق فى هذه الحالة ، حالة السطوح المائلة ، واستنتج من ذلك أنه ينطبق كذلك على الأجسام التى تسقط بحرية .

وهنا نواجه مثلا واضحاً لأسلوب غاليليو فى علم الفيزياء : إنه يتصور الظروف التى توجد فى حالة معينة ويضع لها الصيغ الرياضية ثم يستخلص النتائج المعقولة ، وأخيراً يلجأ إلى اختبار سريع للتأكد من نتيجته إذا كان الأمر فى حاجة إلى اختبار . وكان اختباره التجريبى فى هذه الحالة يعتمد على كور من النحاس تتدحرج فى مجرى معين . كان يقيس الزمن الذى تستغرقه الكرة فى قطع مسافة معينة على سطح مائل بدرجة أو بأخرى . ووجد غاليليو خلال « تجارب كررها حوالى مائة مرة » أن الأزمنة تتفق مع القانون مع فروق « لا تستحق الذكر » . وتبين هذه النتيجة التى وصل إليها من أن الفروق « لا تستحق الذكر » كم كان متمسكا بفكرته حتى قبل بدء التجارب ، فالواقع أن الطريقة البدائية التى أجرى بها تجاربه لا يمكن أن تصل به إلى قانون دقيق . والواقع

أن الفروق ، كما وجدها الأب مرسين الذى عاصر غاليليو ، كانت كبيرة لدرجة أن الأب مرسين لم يتمكن من إعادة تجارب غاليليو . حتى أنه كان يشك فى أن غاليليو قام بهذه التجارب على الإطلاق .

وما إن أقتنع غاليليو نفسه بأنه قد توصل إلى قانون الأجسام الساقطة ، حتى رغب فى استخدامه . كان يعلم جيداً أن هذا القانون لا يعمل إلا تحت ظل ظروف مثالية ينعدم فيها وجود وسط مقاوم ، غير أنه قرر ، بالرغم من ذلك ، أن يستخدمه فى حالة الأجسام الساقطة فى الهواء ، فقد لاحظ أن أثر مقاومة الهواء بالنسبة للأجسام الثقيلة مثل كرات المدافع ، كان أثراً ضئيلا .

أخذ غاليليو فى اعتباره أن الحركة فى الهواء تختلف قليلا عن الحالة المثالية ثم استخدم قاعدته لتحديد مسار القذائف . والقذيفة ، حسب تحليل غاليليو ، لها عنصران مستقلان للحركة ، الحركة الأفقية والحركة الرأسية ، شأنها فى ذلك شأن الكرة على السطح المائل . إذا أطلقت القذيفة أفقيا من بندقية فإنها ستسير إلى الأمام قاطعة نفس المسافة كل ثانية ، هذا إذا غضضنا الطرف عن عامل مقاومة الهواء ، وهو عامل طفيف . غير أن القذيفة ، ما إن تخرج من ماسورة البندقية حتى تبدأ فى السقوط نحو الأرض ،

فى خلال الثانية الأولى ستسقط ١٦ قدما ، وفى خلال الثانية الثانية ستسقط ٤٨ قدما ، وفى خلال الثانية الثالثة ستسقط ٨٠ قدما . . وهكذا . وعلى ذلك فإن مسار القذيفة سيكون قطعا ناقصا . كان هذا الكشف شيئاً جديداً له أهمية قصوى فى ميدان العلم الجديد المتعلق بمدى تصويب المدفعية .

وكذلك تضمن تحليل غاليليو كشفاً جديداً آخر هو قاعدة القصور . إنه لم يذكر هذه القاعدة بشكل واضح إلا أنه استخدم ، فى فروضه الخاصة بحركة القذائف ، النظرية القائلة بأن الجسم سيظل فى حالة حركة منتظمة فى خط مستقيم مالم تؤثر عليه قوة خارجية . لقد أدخل غاليليو الفكرة الثورية ، المضادة لعلم الفيزياء القديم ، والتى تقول بأن الحركة المنتظمة فى خط مستقيم تكافىء ، فيزيائيا ، حالة السكون ، وهو بذلك حول علم الميكانيكا من أساسه الاستاتيكى إلى أساس كينماتيكى .

ولقد قدمت هذه القاعدة الجديدة أول تفسير كامل لميكانيكا الكون الكوبرنيكى . لقد صار فى وسع المرء أن يفسر لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة برج عند قاعدة البرج بالرغم من أن الأرض قد تحركت أثناء سقوط الحجر . كما صار فى وسعه أن يفهم ، لأول مرة ، لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة الصارى فى مركب

متحرك عند قاعدة الصارى بالرغم من حركة المركب . لقد أشار غاليليو إلى أن الحجر كان يشترك مع المركب فى الحركة إلى الأمام قبل أن يبدأ فى السقوط ، وأن هذه الحركة إلى الأمام تظل تلازمه أثناء سقوطه ، ذلك أن الحركة إلى الأمام والحركة إلى أسفل نوعان مستقلان من الحركة . وعلى ذلك فلن يستطيع مشاهد موجود على هذا المركب أن يستنتج من هذه التجربة هل المركب فى حالة سكون أو فى حالة حركة منتظمة . وبعبارة أخرى ليس فى ميسور المشاهد أن يميز بين حالة السكون وحالة الحركة المنتظمة إلا باتخاذه لنظام خارجى كمرجع له . هذه هى قاعدة النسبية لغاليليو ، وهذه هى كلماته : « بالنسبة للأرض ، للبرج ، أو لأنفسنا ، وكلها تتحرك مع الحجر تلك الحركة الدوارة ، تصبح هذه الحركة الدوارة وكأنها غير قائمة » .

* * *

وهنا قد يتساءل القارئ : وما هى قصة التجربة الشهيرة التى ألقى فيها غاليليو كرتين مختلفتين فى القدر والوزن من قمة برج بيزا المائل ؟ لعله ألقى فعلا فى مكان ما وفى وقت ما وزنين مختلفين ووجد أن تنبؤات أرسطو القائلة بوجود اختلاف كبير فى لحظة وصول كل منهما إلى الأرض ، غير حقيقية ، إلا أنه يبدو من

البحوث الحديثة أنه لم يفعل ذلك من قمة برج بيزا ، على الأقل بشكل علني أمام جمع من الناس .

لقد وصل غاليليو إلى آرائه المتعلقة بعلم الفيزياء عن طريق التفكير ، عن طريق التدليل السليم والرياضيات لا عن طريق الاستنباط من التجارب . لقد كتب الكلمات التالية فى أثناء وجوده فى بيزا قبل ذهابه إلى بادوا : « غير أننا ، كالعهد بنا دائما ، نستخدم التدليل أكثر مما نستخدم الأمثلة (ذلك أننا نبحث وراء أسباب الآثار التى نراها ، والتجارب لا تكشف هذه الأسباب) » . كان غاليليو يركن إلى استخدام ما يمكن أن نسميه « التجارب الذهنية » ، وذلك بأن يتصور النتائج أكثر مما يشاهدها مباشرة . وهو عندما يصف حركة الكرة الساقطة من قمة قلع المركب المتحرك فى « حوار عن النظامين الكبيرين للعالم » يجعل سمپليسيو الأرسطى يسأله هل قام بتجربة ما ليتحقق من ذلك . ويبادر غاليليو بالإجابة التالية : « كلا ، لست فى حاجة إلى تجربة فإننى أستطيع بدونها أن أؤكد أن الأمر كذلك لأنه لا يمكن أن يكون غير ذلك » .

ولكى يدحض غاليليو النتائج الناجمة عن منطق أرسطو قام بهجوم مباشر على الأرسطيين . لقد أشار ، مثلا ، إلى أنه « قد يكون من الممكن أن يبدع فنان فى صنع آلات الأرغن ولكنه لا يستطيع

أن يعزف عليها . وقد يكون المرء عالما كبيراً فى المنطق ، ولكنه غير خبير فى استخدامه ، تماما كما قد تقابل الكثيرين الذين يفهمون جيداً فنون الشعر من الناحية النظرية ولكنهم لا يستطيعون صياغة أربعة أبيات من الشعر ، أو الذين يتمتعون بالقدرة على تذوق الرسوم المختلفة ولكنهم لا يستطيعون رسم مجرد مقعد بسيط . إن هؤلاء الذين يصنعون الأرغن لا يعطون دروسا فى العزف عليه ، إنما يفعل ذلك العازفون المهرة ، والمرء يتعلم الشعر بقراءته المستمرة ، ويتعلم التصوير بالرسم والتخطيط المستمرين ، ويتعلم التدليل من قراءة الكتب المليئة بالتدليل ؛ وكل هذه هى الجوانب الرياضية لا الجوانب المنطقية » .

أما بخصوص التجاء أرسطو إلى شواهد الحس فقد تساءل غاليليو : « ألم يقل أرسطو بأن علينا أن نفضل ما تدلى به الحواس عن كافة الحجج ، حتى ولو كان مظهره لا يقوم على أساس قوى ؟ ألم يقل ذلك بدون أدنى شك أو تردد ؟ » ويجيب سمپليسيو الأرسطى على ذلك بقوله « إنه يفعل ذلك » . وهنا يقول غاليليو « ... إنك ستجادل بشكل أكثر أرسططالية عندما تقول إن السماء غير قابلة للتغير لأن حواسى تنبئنى بذلك أكثر منك عندما تقول إن السماء غير قابلة للتغير لأن المنطق قد أقنع أرسطو بذلك . وبالإضافة إلى ذلك يمكننا نحن أن نناقش موضوع المواد السماوية بأفضل

مما كان فى ميسور أرسطو ، فهو قد اعترف بأن المعارف المتعلقة بها كانت صعبة بالنسبة له لبعد السماء عن شواهد حسه ، وهو بذلك يعترف بأن المرء الذى يستطيع أن يصل بأحاسيسه إلى معارف أكبر عن السماء سيكون فى وضع يمكنه من التفلسف بخصوصها بقدر أكبر من اليقين . ولقد مكنتنا المناظير المكبرة من أن نقترب من السماء ثلاثين أو أربعين مرة أكثر من أرسطو ، وصار فى ميسورنا أن نكتشف فى السماء مئات الأشياء التى لم يقدر على رؤيتها مثل البقع الشمسية التى لم يشاهدها هو مطلقا . كل هذا يجعلنا نتحدث عن السماء والشمس بيقين أكثر من أرسطو » .

وتحفل كتابات غاليليو بالمراجع التى تشير إلى المشاهدات المباشرة والحقائق الناجمة عن الخبرة . من هذه الزاوية بنى غاليليو علمه على أساس تجريبى . ولكنه لم يكن ، بأية حال ، ذلك التجريبى الذى أراد كتاب القرن التاسع عشر أن يصوروه . إنه لم يكن تجريبياً دقيقاً ، بالرغم من أنه كان مشاهداً مدققاً ، وتصويره كباحث صبور لا يستخلص النتائج إلا بعد التجارب الطويلة لا يتعدى مجرد تضليل فى كتابة التاريخ . إن هذه الصورة تعكس نوعا من رجال العلم جاء متأخراً ، ويعتبر روبرت بويل المثل الحى له .

إن أعظم ما أسهم به غاليليو فكرته القائلة بأن الرياضيات

لغة الحركة ، وأن التغير يمكن وصفه رياضياً بطريقة تعبر عن عموميته وحتميته ، وتعبر أيضاً عن شموله وإمكان تطبيقه على عالم الواقع . وبينما كان غاليليو يسخر من الجانب العددى فى الأفلاطونية ، إذا به يصرح فى الصفحات الأولى من « حواره » : « إننى أعلم جيداً أن الفيثاغوريين يكنون أبلغ التقدير لعلم الأعداد وأن أفلاطون ذاته كان يقدر الذهن الإنسانى ويؤمن بأنه يشترك فى صفة القدسية لمجرد أنه يستطيع أن يفهم طبيعة الأعداد . وأنا شخصيا أميل إلى أن أتخذ نفس الموقف » . ولقد وضح « حب الطبيعة للأعداد » فى كشف غاليليو أن الجسم الساقط تتزايد سرعته مع توالى الثوانى بنسب عددية متكاملة هى ١ ، ٢ ، ٣ .... والمسافة التى يقطعها الجسم فى سقوطه مع توالى الثوانى تتزايد بنسبة الأعداد الفردية ١ ، ٣ ، ٥ .... ولا شك فى أن العالم الذى أثر على تفكير غاليليو بالدرجة الأكبر هو أرشميدس ، غير أن أرشميدس وضع هندسة السكون ، بينما وضع غاليليو هندسة الحركة .

* * *

كانت النتيجة الأساسية لأعمال غاليليو خلال حياته بأكملها هى استخلاص أدلة جديدة تعضد نظرية كوپرنيكوس عن النظام الشمسى ، وتقديم التفسير الميكانيكى لحركة الأجرام فى هذا النظام.

ولعل موجة العداء التي ارتفعت في وجه أعمال غاليليو دليل على النجاح الذى أحرزه فى هذا الصدد . لقد ارتطم غاليليو فى أخريات أيامه بلجان التحقيق الرومانية . كان غاليليو يرى أن الكتاب المقدس لم يكن يهدف إلى تعليم العلوم ، وعبر عن ذلك الرأى فى خطابه الشهير الذى بعث به إلى الدوقة العظيمة كرستينا . قال إن كلمات الكتاب المقدس يجب ألا تؤخذ حرفياً ، وإن ما جاء فى الكتاب المقدس بخصوص دوران الشمس حول الأرض لم يكن يرمى إلى تأكيد نظام مركزية الأرض ، وإنما كان مجرد تعبير عما تشاهده و نعبر عنه كل يوم . (ونحن مازلنا نتحدث حتى اليوم عن بزوغ الشمس وغروبها) . ومن هنا كان غاليليو يرى أنه فى ميسور المرء أن يقبل النظام الكوبرنيكى ، ويظل فى نفس الوقت كاثوليكيا طيبا غير حانث ، بأية حال ، بالكتاب المقدس .

ولو أن غاليليو ظل فى پادوا التابعة لحكم ڤينسيا التى كانت تعتبر نفسها مستقلة عن حكم البابا ، ما اضطر إلى مجابهة لجان التحقيق . غير أن الشهرة التى أصابته مع كشوفه الأولى بالمنظار المقرب دفعته إلى أن ينتقل إلى فلورنسا . ولقد كتب الكثير عن محاكمة غاليليو والحكم عليه ، غير أننا لن نناقش ذلك فى هذا الفصل القاصر على نشاطه العلمى . حقاً إن غاليليو لم يعذب خلال المدة التى مكثها فى سجن التحقيق ، غير أنه لابد وقد تأثر بمعرفته

أن كثيرين قد عذبوا وأنه لم يمض وقت طويل منذ أن حرق جوردانو برونو حيا . كان قد بلغ التاسعة والستين ، وصحته متدهورة . ولقد كتب ثلاثة أطباء ، فى معرض محاولتهم تجنيبه المحاكمة ، عام ١٦٣٣ ما يلى : « من الواجب اعتبار حالته الصحية وأن أى سوء يصيب صحته قد يودى بحياته » . إن هذا الرجل المسكين ، الذى كان يتوق إلى محاربة من ينكرون الحقائق الجديدة قد طحنته رحا المجلس المقدس للكنيسة التى لم يتوقف عن ولائه لها ، « واعترف » بعد التحقيق المتكرر معه :

« أقسم ، أنا غاليليو غاليلى ، ابن المرحوم فنسنزو غاليلى الفلورنسى ، وأنا أبلغ من العمر سبعين عاما ، وأنا أركع أمامكم لتحا كمونى ، أيها الكاردينالات المبجلين القائمين على التحقيق باسم الكنيسة العامة للقضاء على الهرطقة والمروق ، وأنا أضع أمام عيناى الكتاب المقدس وألمسه بيداى ، أقسم أننى آمنت دائماً وأننى سأومن فى المستقبل ، بمعونة الله ، بكل كلمة جاءت فى الكتاب المقدس ، وبكل تعاليم كنيسة روما . ولما كان المجمع المقدس قد طلب إلى أن أتخلى عن الفكرة الخاطئة القائلة بأن الشمس تقع فى المركز ولا تتحرك ، ولما كان قد حرم على أن أومن بهذه الفكرة الخاطئة أو أدافع عنها أو أقوم بتعليمها . . . فإننى على استعداد أن أنزع من أذهانكم ومن ذهن كل مسيحى كاثوليكى ، هذا الشك

العنيف الذى راودكم بحق من جهتى . وإننى ، بناءً على ذلك ، وبقلب مخلص ، وإيمان راسخ ، ألعن وأحقر هذه الأخطاء والزندقة وكافة الأخطاء والآراء المضادة لما تقوله الكنيسة المقدسة ، وأقسم إننى لن أذكر فى المستقبل ، كتابة أو شفاهة ، ما من شأنه أن يثير الشك ضدى ، بل أقسم إنه ما إن يصل إلى علمى شىء بخصوص أى شخص يؤمن بهذه الهرطقة أو يشك فى إيمانه ، فإننى سأحيط المجمع المقدس أو المحقق فى مكان وجودى ، علما بما وصل إلى . وأقسم ، علاوة على ذلك ، إننى سأحقق كافة الالتزامات التى وضعها المجمع المقدس أو سيضعها على كاهلى . فإذا حدث أننى خرقت عهودى وتعهداتى أو حنثت فى قسمى (وليجنبنى الله ذلك !) ، فإننى أعرض نفسى لكل الآلام والعقوبات التى قررتها الكنيسة المقدسة ضد الملحدين ومن شاكلهم . فليعاوننى الله ، وليعاوننى الكتاب المقدس ، الذى ألمسه بيدى ، وأنا ، غاليليو غاليلى ، أقسم وأتعهد وأغل نفسى بما تعهدت به ، وأقرر أمام الشهود إننى كتبت هذا بمحض إرادتى وإننى قد تلوته كلمة إثر كلمة » .

* * *

ولا يسع المرء إلا أن يعجب بتلك الروح التى لا تخبو ، والتى مكنت غاليليو ، والخجل يكلله ، والسجن يحيط به ، والمرض يحاصره ، وكتاباته ممنوعة التداول ، من أن يستكمل كتابه الأخير الهام « العلوم الحديثة » الذى نشر سراً . ويحق لنا اليوم أيضاً أن نتساءل هل كسبنا حقاً معركة حرية الإيمان ، فنحن مازلنا نستطيع أن نردد عبارة غاليليو : « إن الفلسفة تبغى الحرية » .



إسحاق نيوتن

بقلم : ا . برنارد كوهين

ان عقلية إسحاق نيوتن وشخصيته تتحديان كل مؤرخ . كان شخصا غريبا فريداً ، وكانت الينابيع التي يستقي منها سلوكه خافية حتى على معاصريه . شبهه أحد المؤرخين في عصره بنهر النيل .. تعرف قواته العظيمة .. ولكنك لم تكشف عن منابعه . غير أن الحقائق الجديدة التي حصلنا عليها والخاصة بالفترة الأولى من حياته تمكننا من معرفة جزئية لصفات نيوتن وخط تطوره .

ولد نيوتن طفلا غاية في الضعف ، حتى ليقال إنه كان عليه أن يرتدي دعامة عنق خاصة في شهوره الأولى لتحمل رأسه على كتفيه . لم يتوقع أحد أن يظل حيا . وكثيراً ما كان يحلو لنيوتن ، بعد أن كبر ، أن يقول إن أمه كانت تذكر دائماً أنه ولد صغيرا جداً لدرجة أنه كان يمكن وضعه في إناء صغير .

مات أبوه قبل ولادته بثلاثة أشهر ، وتزوجت أمه مرة أخرى قبل أن يبلغ الثانية من عمره ، وكفلته جدته العجوز . كان يحيا في مزرعة منعزلة ، محروما من حنان الأبوين وحبهما ، دون إخوة

أو أخوات تجمعه وإياهم الصداقة والتنافس . ويرى المرحوم لويس . ت . مور ، واضع أفضل تاريخ حديث لنيوتن ، يرى أن كافة الصفات الانعزالية لهذا العالم يمكن إرجاعها لهذه الطفولة الوحيدة غير السعيدة .

ولما كان نيوتن قد ولد عام ١٦٤٢ ، فإنه ترعرع فى عهد سادت فيه « فظائع الحرب الأهلية الطويلة المريرة » . كانت غارات القتل والنهب شيئاً طبيعياً . وألقيت ظلال الشك على جدته « لعطفها على قوات الملك » . وما كان لهذا الطفل الذى تحيط به المخاوف الحقيقية إلى جانب « مخاوف خلقها خياله » ، ما كان له أن يجد الراحة بين أحضان جدته أو أجراء المزرعة ، وكان من الطبيعى ، كما لاحظ مور ، أن يستغرق الولد الصغير فى « خضم من تأملاته فى وحدته » ، وأن ينمى فى نفسه القدرة على التركيز التام . وصفته فتاة عرفته فى شبابه بقولها إنه « شاب هادئ ساكت مفكر ، لم يشاهد وهو يشارك الأطفال لهوهم ولعبهم » .

ولا شك أن نيوتن تغلب تماما على ضعفه الجسمانى قبل أن يصل إلى سن الدراسة إذ تذكر إحدى زميلاته فى المدرسة أنه تحدى صبيا جرما لأنه ضربه فى بطنه ، تحداه « وكال له الضربة بعد الضربة حتى هزمه » . ولقد انتصر نيوتن نتيجة « روحه القوية وتصميمه



الشديد » . وكان هذا الصبي من أوائل الفصل فقرر نيوتن أن « يهزمه كذلك فى ميدان الدراسة » ، « وجاهد حتى نجح فى ذلك ، وظل يتقدم حتى صار أول الفصل » .

وعندما بلغ نيوتن الرابعة عشرة من عمره أخذته أمه إلى بيتها بعد أن مات زوجها الثانى . حاولت أن تجعل منه فلاحا ، ولكنها فشلت كل الفشل ، فقد كان نيوتن عزوفا عن الفلاحة مفضلا عليها القراءة أو عمل النماذج الخشبية بسكينه ، أو حتى الاستغراق فى الأحلام . ومن حسن حظ العلم أن تخلت الأم عن محاولاتها وسمحت له أن يعد نفسه لجامعة كامبريدج .

وما إن بلغ نيوتن الثامنة عشرة من عمره حتى التحق بكلية ترينتى . ومرت السنون الأولى من دراسته الجامعية دون أن يلفت النظر بشكل خاص . ثم وقع تحت تأثير إسحاق بارو ، وهو رجل غير عادى يعمل أستاذا للرياضيات . كان رياضيا ممتازا ، وعالما فى الكلاسيكيات ، وفلكيا ، وحجة فى علم البصريات . وكان بارو من أوائل الذين أدركوا عبقرية نيوتن . وبعد أن حصل تلميذه على درجته بقليل ، استقال بارو من كرسى الأستاذية كى يجلس عليه نيوتن وهو لم يتجاوز السادسة والعشرين من عمره . لقد صار نيوتن يحتل منصبا أكاديميا ممتازا وفتحت له الطريق لمتابعة دراساته التى حددت معالم عصر بأكمله .

وكان نيوتن قد غرس فعلا بذور مساهمته الثورية فى ثلاثة فروع متميزة من فروع العلم : الرياضيات ، وميكانيكا الأجرام السماوية ، والبصريات . وما إن تخرج فى جامعته حتى عاد إلى منزله فى ولسثورب حيث عكف على عمله لمدة ثمانية عشر شهرا يمكن أن توصف ، بحق ، إنها أكثر الشهور إثمارا فى تاريخ التخيل الخلاق . والواقع أن نيوتن قد أمضى بقية حياته العلمية فى استكمال كشوفه العظيمة التى توصل إليها خلال هذه الشهور « الذهبية » . وفيما يلى كلماته التى وصف بها ما حققه فى ولسثورب :

« فى أوائل عام ١٦٦٥ وجدت طريقة لتقريب المتسلسلات ووجدت قاعدة لاختزال أى أس لكمية ذات حدين إلى متسلسلة [أى نظرية ذات الحدين] . وفى مايو من نفس العام توصلت إلى طريقة المماسات لجريجورى وسلازياس ، وفى نوفمبر [كشفت] الطريقة المباشرة للفروق [أى مبادئ الحساب التفاضلى] ، وفى يناير من العام التالى توصلت إلى نظرية الألوان ، وفى مايو من نفس العام بدأت فى استخدام معكوس طريقة الفروق [أى حساب التكامل] ، وفى نفس العام بدأت أفكر فى قانون الجاذبية بحيث يشمل مدار القمر . . . وعندما قارنت بين القوة اللازمة لحفظ القمر فى مداره وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وجدت أنهما متقاربتان لحد كبير . . . » .

ونتيجة لما قام به نيوتن من تحليل الضوء والألوان — وكان قد حفظ لنفسه هذا الكشف على استحياء — تمكن من اختراع منظار عاكس يعالج الزيغ الناجم عن العدسات المستخدمة فى المناظير الأخرى . وقدم إلى الجمعية الملكية فى لندن ملخصا وصف فيه منظاره الجديد ، وسرعان ما انتخب — وهو فى سن الثلاثين — عضوا فى الجمعية الملكية ، وحظى بذلك على أكبر درجات الشرف العلمية فى انجلترا .

ولقد أخذ نيوتن بهذه الشهرة المفاجئة أمام الرأى العام . كان مترددا فى إعلان كشوفه ، ولكنه طلب ، قبل أن ينقضى أسبوع على انتخابه فى الجمعية الملكية ، إذنا لتقديم بحث عن « الكشف الفلسفى » الذى دفعه إلى « صنع هذا المنظار » . وبلهجة لا يشوبها التواضع الكاذب قال إنه توصل إلى « أغرب كشف إن لم يكن أعظم كشف توصل إليه عالم فيما يتعلق بعمليات الطبيعة » .

أرسل نيوتن خطابه « الذى يحوى نظريته الجديدة عن الضوء والألوان » إلى الجمعية الملكية فى لندن فى السادس من فبراير عام ١٦٧٢ . وكان هذا الخطاب أول بحث نشره نيوتن ، كما أنه وضع الأساس ، لأول مرة ، لعلم الطيف ، وفتح عهدا جديدا فى تحليل ظواهر الألوان . وفى كلمة ، لقد بين نيوتن كيف أن المنشور

الزجاجى يحلل الضوء إلى ألوانه المختلفة ذات معاملات الانكسار المختلفة ، وكيف أن منشوراً آخر يمكنه أن يجمع هذا الضوء المتحلل ويعيده سيرته الأولى . إن هذه التجارب الرائعة تعد بمثابة فتح جديد ييسر صياغة نظريات جديدة عن طبيعة الألوان . غير أن هذا البحث لم يلاق التقدير العام الذى توقعه *نيوتن* ؛ إذ انهالت على الجمعية الملكية خطابات كثيرة تعارض نتائج نيوتن ، كتب بعضها رجال عديمو الوزن من الناحية العلمية وكتب البعض علماء بارزون مثل كريستيان هيوچين وروبرت هوك . وانبرى نيوتن ، بصبر عجيب ، يرد على هذه الخطابات الواحد إثر الآخر بحذر وعناية ؛ ولكنه لم يكسب إلى صفه إلا واحداً من هؤلاء المعارضين هو الأب الجيزويتى پارديس الفرنسى .

وكان لهذا الجدل أثره الحاد على شخصية نيوتن ؛ فأقسم أنه لن ينشر كشوفه الأخرى ، وكتب خطابا إلى ليبنتز يقول فيه : « لقد آلمنى هذا الجدل الذى استشرى نتيجة نشرى لنظريتى عن الضوء حتى لقد أنبت نفسى على كونى قد فرطت فى نعمة الهدوء من أجل الجرى وراء مجرد خيال . أو ظل » . ولكنه مع ذلك استمر ينشر بحوثه فقد كان يهدف إلى الحصول على تقدير الأوساط العلمية . ولم يتوان أعداؤه عن الإشارة إلى هذا الازدواج فى شخصية نيوتن ، وكتب الفلكى جون فلامستيد ، أحد معارضيه ،

يصفه بأنه « شخصية خداعة تتميز بالطموح وبالرغبة فى سماع التقريظ . . ولكنها فى نفس الوقت لا تطيق المعارضة . . . إنى أعتقد إنه رجل طيب فى أعماقه ، غير أنه شكاك بطبيعته » .

وفى كامبريدج ، كان نيوتن مثالا للأستاذ الشارد الذهن . كتب كاتم سره همفرى نيوتن (ليس بينهما ثمة قرابة) ، إنه لم ير نيوتن « يروح عن نفسه بنزهة فى الهواء الطلق أو بركوب الخيل أو لعب الكرة أو غير ذلك ، فقد كان يؤمن أن كل ساعة لا يصرفها فى دراساته ساعة ضائعة » . وكثيراً ما كان يعمل حتى الثانية أو الثالثة صباحا . وكان يأكل قليلا أو ينسى تماما أن يتناول شيئاً من الطعام . وعندما يذكره شخص ما بذلك يذهب إلى منضدة الطعام ويتناول « قليلا من هذا أو ذاك وهو واقف » . ونادرا ما كان نيوتن يتناول غذاءه فى قاعة الكلية ، فإذا فعل ذلك فدون أن يربط حذاءه أو يشد جواربه أو يمشط شعره أو يخلع وشاحه » . وكثيراً ما يقال إن نيوتن كان يلقى محاضراته فى قاعة خالية بنفس الحماس الذى يلقيها به والقاعة غاصة بالطلبة » .

* * *

وبعد انتهاء الجدل المستعر بين نيوتن ومعارضيه آثر الانسحاب من أمام الرأى العام كعالم ، وخدم كليته بأن مثلها فى البرلمان

واستمر فى بحوثه الخاصة فى ميادين الكيمياء والخيمياء واللاهوت والفيزياء والرياضيات . تعرف على ليبنتز ، معاصره العظيم ، ولكنه رفض أن يقدم إليه شيئاً عن كشوفه فى علم الرياضيات . ومن المقرر الآن أن كلا منهما قد توصل بمفرده إلى علم التفاضل والتكامل ، غير أن الرجلين وأنصارهما قد تعاركا بشدة حول أحقية كل منهما فى هذا الكشف واتهم نيوتن ليبنتز بانتحاله لملكية غيره . كان نيوتن غيورا على ملكيته لكشوفه ودراساته حتى لقد صاحب كل كشف حققه فى حياته الخلاقة معركة من نوع أو آخر .

وفى عام ١٦٨٤ طرق باب نيوتن زائر كبير هو الفلكى إدموند هالى . كانت تدور فى رأس هالى مشكلة متعلقة بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب . لقد استنتج ، مع هوك ، على أساس تقارير جوهان كپلر عن حركة الكواكب ، أن قوة الجاذبية بين الشمس وأى كوكب من الكواكب ، تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينهما ، غير أنهما لم يتمكنا من إثبات فكرتهما . وتقدم هالى إلى نيوتن بسؤال : « ما هو المنحنى الذى سيتخذه مسار الكواكب إذا افترض أن الجاذبية تتناقص بما يتناسب مع مربع المسافة ؟ » . وأجاب نيوتن دون تردد « قطع ناقص » . كيف عرف ذلك ؟ . وأجاب نيوتن « لقد حسبتها » . وتبين هالى من هاتين الكلمتين

أن نيوتن قد توصل إلى أحد القوانين الأساسية فى الكون — قانون الجاذبية . وأراد هالى أن يطلع فورا على الحسابات ، غير أن نيوتن لم يعثر عندئذ على مذكراته ، ولكنه وعد بأن يكتب نظرياته ووسائل البرهنة عليها . وتحت إلحاح هالى المستمر أكمل كتابة الأصول لتقديمها إلى الجمعية الملكية . وهكذا ولد كتاب « الفلسفة الطبيعية لمبادئ الرياضيات » الذى عرف منذ ذاك باسم « المبادئ » .

وقبل أن ينشر الكتاب برزت أزمة بين هوك ونيوتن بخصوص أحقية كل منهما فى قانون التربيع العكسى . وهدد نيوتن بنزع الفصول الأساسية من كتابه ولكن هالى تدخل وظهر الكتاب العظيم دون أن يمس . ولا شك أن هالى قد لعب دوراً كبيراً فى إخراج هذا الكتاب ، فإلى جانب أنه دفع نيوتن إلى كتابته ، كان يراجع الكتاب على الأصول ودفع تكاليف النشر بالرغم من أنه لم يكن ثريا .

* * *

ينقسم كتاب « المبادئ » إلى ثلاثة « كتب » . عرض نيوتن فى الكتاب الأول قوانينه الثلاثة للحركة ودرس نتائج قوانين القوة المختلفة . وفى الكتاب الثانى درس الحركة فى أنواع السوائل المختلفة ، وكان أقل نجاحا فى ذلك إذ أدخل العلماء فى العقود التالية

كثيراً من التعديلات على ما جاء فى هذا الكتاب . وفى الكتاب الثالث ناقش الجاذبية الكونية وبين كيف أن هناك قانونا واحداً للقوة يفسر سقوط الأجسام على الأرض كما يفسر حركة القمر وتوابع المشترى وحركة الكواكب وظاهرة المد والجزر .

وكانت إحدى المشكلات المعقدة التى جابهت نيوتن هى إثبات أن الجسم الكروى يجذب الأجسام الأخرى إليه كما لو كانت كتلته متركزة فى مركزه . بدون هذا الإثبات تظل نظرية الجاذبية بأكملها معتمدة على البداهة أكثر من اعتمادها على الحسابات المضبوطة . فإذا أخذنا مثلا الحالة البسيطة ، حالة سقوط تفاحة على الأرض — التى تكمن فيها الفكرة الأساسية للجاذبية كما يقول نيوتن — فإننا سنتساءل : « ما هى المسافة بين » الأرض والتفاحة ؟ هنا يأتى حساب التفاضل والتكامل . لقد اعتبر نيوتن أن الأرض مكونة من مجموعة من أحجام صغيرة جداً من المادة كل منها تجذب التفاحة حسب قانون التربيع العكسى للجاذبية . ثم جمع بعد ذلك قوى الجذب المختلفة وبين أن النتيجة النهائية مماثلة تماما للنتيجة التى يحصل عليها إذا اعتبر أن كتلة الأرض بأكملها تكمن فى نقطة صغيرة فى مركزها .

وما إن انتهى نيوتن من كتابه « المبادئ » حتى كان يعانى من

نوع من « الانهيار العصبي » . كان يشكو من عدم قدرته على النوم ومن فقدانه « لتماسكه الذهني السابق » . كان يكتب خطابات غاضبة إلى أصدقائه ثم لا يلبث أن يعتذر إليهم ؛ كتب مثلا إلى چون لوك يعترض بشدة على أن هذا الفيلسوف حاول أن « يقحمه في أمور نسائية » .

وفي عام ١٦٩٦ تخلى نيوتن عن حياته الأكاديمية العلمية واحتل مركز محافظ دارسك النقود ثم مديرها . غير أنه ظل يتلقى صنوف التكريم نتيجة لما حققه في ميدان العلم . أعطى لقب فارس عام ١٧٠٥ وشغل لمدة سنين منصب رئيس الجمعية الملكية . وفي الربع قرن الأخير من حياته لم يقدم نيوتن إضافات هامة للعلم . قال البعض إن عبقريته الخلاقة قد احترقت ، وقال البعض الآخر إنه ، وقد أقام أسس علم البصريات واخترع حساب التفاضل والتكامل ، وكشف عن نظام حركة الكون ، لم يعد أمامه ما يضيفه في ميدان العلم .

وبالرغم من أن نيوتن لم يصل إلى كشوف جديدة في سنيه الأخيرة إلا أن هذه السنين لم تكن مجدبة وخالية من الأفكار . لقد كان شهيرا ومكرما وبلغ درجة من الأمان تسمح له بأن يتأمل في بعض المشاكل العلمية ويقدم للناس تأملاته . قدم عديدا من الفروض عن « سبب » الجاذبية ، وعن طبيعة « الأثير » ، وعن

حجم الوحدات التى تكون المادة ، وقوى الكهربية والمغناطيسية ، وسبب الاستجابة العضلية « لرغبات الإرادة » ، ومنبع الإحساسات ، وخلق العالم والمصير النهائى للإنسان . ولقد سار الكثيرون من المجربين على هدى تأملات نيوتن فى القرن الذى جاء من بعده .

كثيراً ما يوصف نيوتن بأنه فاتح « عهد التعقل » ، ولقد عبر ألكسندر بوب عن مشاعر عصره فى السطور الشهيرة التالية :

كانت الطبيعة وقوانينها تختفى فى ظلمات الليل
فخلق الله نيوتن ! وعم الضوء المكان

غير أن المرحوم اللورد كينز لفت النظر إلى جانب آخر من جوانب نيوتن : سعيه وراء الحصول على إجابة عن لغز الوجود ، واهتمامه البالغ بالخيمياء ، وآرائه اللاهوتية غير الأرثوذكسية ، وفلسفته المبهمة ودراساته الدينية . إن كل من يقرأ كتابات نيوتن غير العلمية أو يطلع على التأملات التى نشرها فى كتابه « البصريات » بخصوص نهاية الحياة لن يرضى تماما عن سطور بوب ، ولعله سيفضل كلمات وليم وردزورث التى قال فيها عن نيوتن :

كان في سكونه وبيده منشوره
عقلا يجوب إلى الأبد
بحار الفكر الغريبة وحيدا



روبرت هـوك

بقلم : ا . ن . دا . اندراد

كل من درس الفيزياء والهندسة لابد وأن يعرف اسم روبرت هوك من دراسته لقانون هوك (الاجهاد الميكانيكى أو الاستطالة تتناسب مع الشد) . إن هذا القانون ، والنتائج التى استخلصها هوك منه ، لها أهمية كبيرة تكفى بذاتها لوضع اسمه فى مكان بارز من تاريخ العلم . غير أن هذا القانون لا يمثل إلا جزءا من الأعمال التى حققها هوك ، فهو قد أسهم بشكل قيم فى كافة فروع العلم التى كانت معروفة فى عصره . لقد عبر العلماء الذين درسوا أعماله ، أو بعض جوانب منها ، عن إعجابهم الشديد بعبقريته المتعددة الجوانب وبكشوفه الواسعة المدى ، إلا أن أعمال هوك ، مع ذلك ، ليست معروفة بالدرجة الكافية .

ولد روبرت هوك فى الثامن عشر من يوليو عام ١٦٣٥ فى قرية « فرشواتر » بجزيرة وايت إلى جوار الشاطئ الجنوبى من إنجلترا . كان أبوه يعمل كاهنا هناك . وكان يحيا فى بيت صغير ظل قائما فى مكانه حتى بداية القرن الحالى . كان روبرت طفلا ضعيفاً

منذ ولادته ولم تتحسن صحته بشكل ملحوظ طوال حياته . كان يشكو الصداع ، وهو شاب صغير ، ولعله من المؤكد أن السبب فى ذلك هو التهاب مزمن فى جيوبه الأنفية . وتدلنا المذكرات التى كان يكتبها فى منتصف حياته أنه كان فريسة لنزلات البرد وعسر الهضم ، حتى لقد كان يسرع بتدوين أية وجبة من الطعام يستريح لها ، كما كان فريسة للدوخة والأرق والأحلام المزعجة التى تراوده عندما ينام . ولعله يجدر بنا أن نتذكر هذه الآلام المزمنة التى لازمته عندما نستمع إلى اللوم الذى كان ينهال عليه نتيجة لسرعة تهيجه .

وبالإضافة إلى ذلك لم يكن هوك جميل المنظر إذ يصفه معاصروه بأنه كان رفيعا منحنيا لا ترتاح العين كثيراً لرؤيته ، فمه واسع رفيع وذقنه مدبب . ويشير صامويل بيبز إلى مظهر هوك فى مذكراته ، بعد زيارته للجمعية الملكية فى الخامس عشر من فبراير عام ١٦٦٥ ، بقوله : « كان مستر بويل حاضرا الاجتماع ، وكذلك مستر هوك الذى اعتبره من أعظم من رأيت فى حياتى وإن كان مظهره ينم عن عكس ذلك » .

وعندما بلغ هوك الثالثة عشرة من عمره مات أبوه . وتمكن الصبى بطريقة ما من أن يصير « صبيا » عند السير بيتر ليلى الرسام

الشهير فى لندن . غير أن روائح زيوت البويات زادت حالة الصداع لديه سوءاً وسرعان ما ترك هذا العمل ليذهب إلى المدرسة فى وست مينستر حيث حظى بتقدير ناظر المدرسة الشهير الدكتور بزبى الذى ظل صديقا له طوال حياته . كان أبوه قد ترك له مائة جنيه ، وهو مبلغ كبير القيمة إذ ذاك . وعندما بلغ هوك الثامنة عشرة من عمره التحق بجامعة أكسفورد وهو على معرفة محدودة باللاتينية والإغريقية ومبادئ الهندسة . كان قد اكتسب مهارة كبيرة فى الأعمال اليدوية بالخشب والمعادن ، وكذلك فى الرسم (كما وضح فى الرسوم التى صنعها بعد ذلك) ، وكانت لديه من المقدرة الموسيقية القدر الذى مكنه من الحصول على منصب عازف فى كنيسة المسيح وهى إحدى كليات جامعة أكسفورد . استطاع هوك أن يعول نفسه من مرتبه كعازف إلى جانب عمله كخادم لشخص يدعى مستر جودمان .

* * *

وفى أكسفورد كانت هناك مجموعة من الشبان اللامعين الذين وجهوا اهتمامهم العميق إلى العلوم التجريبية ، وكانت إذ ذاك شيئاً جديداً . كان من بينهم كرستوفر رن وروبرت بويل اللذان كان لهما أثر كبير على مستقبل هوك . كان بويل أكبر من هوك بثمانى



سنوات ، ميسور الحال ذو وضع مرموق ، فهو الابن السابع والطفل الرابع عشر لإيرل كورك « العظيم » . وكان يقال فيما بعد إن بويل « أبو الكيمياء وأخو إيرل كورك » . وحوالى عام ١٦٥٥ ، وهوك ما زال طالبا فى جامعة أكسفورد ، ألحقه بويل كمساعد له فى تجاربه . ويرجع الفضل إلى هوك فى تصميم وصنع المضخة الهوائية التى وصفها بويل فى كتابه الأول ، بل إن كثيراً من الأدلة يشير إلى أن هوك هو بالفعل صاحب « قانون بويل » .

وكان أول كتاب نشره هوك عام ١٦٦١ ، وهو كتاب صغير ، يعالج ظواهر التوتر السطحى وخاصة ظاهرة ارتفاع السوائل فى الأنابيب الشعرية ، وهو لم يذهب إلى حد تفسير هذه الظواهر ، غير أن كتابه يحوى ملاحظات هامة وتسرى فيه روح التجريبية بشكل واضح . لقد أدرك مثلا أن العامل الذى يدفع بالسوائل إلى الارتفاع فى الأنابيب الشعرية ، هو الذى يؤدى كذلك إلى أن تطفو الأجسام الصغيرة على السطوح السائلة وإلى أن ترتفع العصارة فى الشجرة والزيت فى فتيل المصباح .

وكان أول اختراع هام توصل إليه هوك هو عجلة الضبط فى الساعة . ولقد أدى هذا الاختراع إلى أول مناقشة عنيفة من تلك المناقشات التى قدر لها أن تنغص أغلب حياته وتسمم علاقاته

مع بعض معاصريه . والواقع أن قصة هذا الاختراع غير واضحة تماما . كانت الساعات ، قبل هوك ، تضبط بواسطة قضيب هزاز يتحرك إلى هنا وإلى هناك نتيجة تأثير أسنان عجلة الإفلات . وكانت هذه الساعات تنقصها الدقة حتى لقد اتخذ شاكسبير من ساعات عصره التى كانت تسمى « بيض نورمبرج » مثلا لعدم الدقة حين قال :

المرأة ، مثل الساعة الألمانية
دائما فى التصليح ، ودائما خارج غلافها
ودائما غير مضبوطة ، فهى ساعة . . .

ليس ثمة شك فى أن هوك قد فكر فعلا فى استخدام الزنبرك للتحكم فى ذبذبات عجلة الضبط فى الساعة ، وأنه عمل على تسجيل هذا الاختراع قبل عام ١٦٦٠ . ولعله من المحتمل أنه قد اخترع ، بعد بضع سنوات ، الزنبرك اللفاف الذى استخدمه فيما بعد (عام ١٦٧٥) كريستيان هيوچين . غير أن هوك فشل فى نشر هذا الاختراع على الملأ ، وفسر ذلك الفشل فيما بعد على أنه يرجع إلى خلافات برزت بينه وبين معضديه فى عملية التسجيل . وما إن بلغت هوك أخبار اختراع هيوچين حتى سارع بتقديم مذكرة إلى الجمعية الملكية يطلب اعترافها بسبقه لهيوچين فى هذا الاختراع ، غير أن الجمعية لم تآزره ، فقد كان سكرتيرها فى ذلك الوقت ،

ويدعى أولدنبرج ، رجلا متآمرا أعطاه هيوچين حقوق التسجيل لهذا الاختراع فى إنجلترا . ولقد اعترف أولدنبرج ، عدو هوك ، بأن الأخير قد « صنع بعض الساعات من هذا النوع » قبل ١٦٧٥ ، غير أنه ذكر أن هذه الساعات لم تعمل — وأنى له بمعرفة هل كانت تلك الساعات تعمل أم لا ! !

وفيما يلى تلخيص قدمه الحجة الإنجليزى أ . د . هول ، الذى درس موضوع اختراعات هوك لضبط الوقت دراسة محققة : « لا يسعنا إلا أن نعجب بروعة هوك عندما ينطلق متعمقا إلى قلب المصاعب : إن المِنْوسَة * وميزان الضبط المستقل ، ومعوق الإفلات ، كلها بمثابة الكشوف الأولى الناجحة لضبط الوقت . وإن هوك صاحب الفضل فيها ، لقد كشفها وقدمها ، بشكل فج حقاً ، ولكنه واضح ومبدع . ولو أن كشوفه تضمنت وسيلة لتعويض الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة ، إذن لكان قد قدم لنا كافة المبادئ الأساسية فى ضبط الوقت » . وكثيرا ما يقال إن الفضل يرجع إلى هوك فى اختراع مرساة الإفلات للساعات ذات البندول ، غير أن الأدلة التى تعضد هذا الرأى ليست كافية . والواقع أن ما فعله هوك بصدد هذه القصة ، قصة الساعة — قدرته

---

* (وهى أداة للاحتفاظ بتناسق حركة البندول — المترجم) .

العميقة الشاملة على حل المشاكل الرئيسية ، وتسرعه ، وجوانب النقص فى تسجيلاته — يعتبر مثلا لما يتصف به أغلب أعماله .

* * *

وفى عام ١٦٦٢ ، عندما صار للجمعية الملكية ميثاقها الخاص ، قررت تعيين هوك وكيلا لها . كانت مهمته أن يقدم للجمعية فى كل اجتماع لها « ثلاث أو أربع تجارب هامة » . وكانت الجمعية تجتمع مرة كل أسبوع ! ولقد تمكن هوك حقا من تقديم عدد كبير من من التجارب المختلفة التى كان أغلبها من إبداعه . وظل هوك لا يقبض مليما واحدا عن هذا العمل لمدة عامين كان عليه خلالهما أن يدير شئونه بوسيلة أو بأخرى . ومن المؤكد أنه كان مشغولا بشكل قاس فى ذلك الحين . وفى عام ١٦٦٥ أصدر كتابه العظيم « الصور الميكروسكوبية » . وهو يكفى ، فى حد ذاته ، لوضع هوك بين رجال العلم البارزين . ويقول بيبيس ، وهو ليس من رجال العلم ، ولكنه من رجال الفكر البارزين الذين يعتد برأيهم : إنه ظل حتى الثانية صباحا يطلع على هذا « الكتاب المبدع الذى لم تقع عيناى على ما هو أروع منه » . وكان لهذا الكتاب أثر هام فى الدوائر العلمية سواء فى إنجلترا أو فى القارة ، وأكد أهمية هوك العلمية وعزز اسمه بين العلماء .

والواقع أن هذا الكتاب يضع هوك ضمن مؤسسى الدراسات الميكروسكوبية فى علم الحياة ، مع أنطون فان لوينهوك ومارشيلو والپيچى ونهميا جرو . وصف هوك فى هذا الكتاب أول ميكروسكوب مركب يمكن استخدامه عمليا ، ويتركب من عدسة شيئية نصف دائرية وعدسة عينية كبيرة مستوية من جانب ومحدبة من جانب آخر ، ولا يستخدم منها إلا المركز . ويمكن وضع عدسة ثالثة فى أعلى الأنبوبة الأسطوانية لاستخدامها كعدسة ميدان، غير أن هوك لم يكن يستخدم هذه العدسة إلا إذا أراد أن يرى قطاعا كبيرا من الشيء مرة واحدة . وكان هوك يضبط الرؤية بوساطة مسمار متحرك يرتبط بالعينية . ولقد ناقش هوك نقائص هذا الميكروسكوب بشكل عميق واقترح فيما بعد استخدام عدسة شيئية منغمسة .

وتتضح روعة هذا الجهاز وعبقرية ومهارة هوك فى اللوحات التى رسم فيها حوالى ٦٠ شيئاً ميكروسكوبيا . إن هذه اللوحات تكشف عن عدد من الكشوف الأساسية فى علم الحياة ، فقد وصف ، مثلا ، العين المركبة للذبابة ، وشاهد أطوار نمو يرقة البعوض ، ووصف تركيب ريش الطيور بشكل ظل المرجع الرئيسى خلال مائتى عام . وتدعو رسومه عن القملة والعتة والبرغوث (وهى مكبرة إلى طول حوالى ١٦ بوصة) ، إلى العجب من حيث الدقة

والتفاصيل الواردة فيها . كما قدم ملاحظات مبدعة عن الفطريات وإبرة النحلة وغيرها . وعندما وصف تركيب الفلين استخدم كلمة « الخليـــة » لأول مرة بالمعنى البيولوجى . ولم يوجه هوك ميكروسكوبه إلى الكائنات الحية فحسب ، بل وجهه أيضـــا إلى الجماد . كان أول من استخدمه لدراسة المعادن ، مثل طرف الدبوس وحافة الموسى والكرات الصغيرة من الصلب التى حصل عليها بضرب الصلب بحجر الصوان ، كما شـــاهد بلورات الثليج الجميلة ورسمها .

* * *

كان هوك إذن ، رائدا كبيرا فى ميدان الدراسات الميكروسكوبية ، مشهودا له بالأصالة سواء فى تصميم هذه الأجهزة ومايتصل بها من أجزاء ، أو فى استخدامها لرؤية الأشياء الصغيرة وتفسير ما رأى . غير أن كتابه « الصور الميكروسكوبية » لم يكن قاصرا على هذه الدراسات ، بالرغم من اسمه ، فقد جاءت به أعمال هامة فى كثير من فروع العلم . لقد وصف هوك فى هذا الكتاب أول جهاز لقياس الانكسار للسوائل ، وأول بارومتر دائرى ، وترمومتر مقفل ومليء بالكحول ، ومرطاب يقيس رطوبة الجو باستخدام ساق نبات الشوفان البرى التى تختلف درجة التوائها باختلاف نسبة الرطوبة فى الجو . وكان هوك أول من اقترح

اتخاذ نقطة تجمد الماء كدرجة الصفر ، « الماء العادى المقطر الذى برد حتى بدأ فى التجمد والتندف » ، كما صنع نماذج لكافة أجهزة الأرصاد الجوية التى تستخدم الآن ، تقريبا ، مقياس سرعة الهواء ، جهاز قياس ذاتى للأمطار ، « وساعة جوية » تسجل بشكل آلى قياسات الأجهزة المختلفة بعلامات على أشرطة من الورق . ولقد شهد أعضاء الجمعية الملكية هذه الساعة وهى تعمل ، غير أنها كثيرا ما كان يصيبها العطل .

ولا شك أن هوك يعتبر واضع أسس علم الأرصاد الجوية ، إذ كان أول من أشار بوضوح إلى أن الانخفاض السريع فى الضغط الجوى ينبئ بقيام العواصف ، وكان أول من فسر دورة الغلاف الجوى حول القطب . وأول من فسر الأحوال الجوية على أساس قوى فيزيائية تتحكم فيها الإشعاعات المنبعثة من الشمس وحركة دوران الأرض . وتمكن من وضع جدول لتسجيل الأرصاد الجوية بطريقة منتظمة .

ولا يتضمن كتاب « الصور الميكروسكوبية » نظريات هوك عن الأحوال الجوية ، غير أنه يتضمن كثيرا من الكشوف الهامة الأخرى والاقتراحات النظرية ، التى لم يتتبعها إلى نتائجها الطبيعية . لقد أثبت ، عن طريق عدد من التجارب الرائعة ، أن التمدد الحرارى

صفة من صفات كافة السوائل والأجسام الصلبة ، وقدم ، بوضوح ، النظرية الميكانيكية للحرارة قائلا إن الحرارة « ما هى إلا تهيج فجائى شديد لأجزاء من الجسم » . ولكى يعضد هذه الفكرة أوضح أن الاحتكاك الميكانيكى يؤدى إلى إنبعاث الحرارة وأن الشرارات المتطايرة من الصلب عبارة عن جسيمات كروية من المعدن — الشئ الذى يثبت أنها فى حالة انصهار . وبين أن الخشب المسخن فى آنية مقفلة لا يحترق إذا كان بمعزل عن الهواء ، ووصل من ذلك إلى وضع النظرية القائلة بأن الأجسام القابلة للاحتراق إنما تحترق لأن الهواء يحتوى على مادة « ذائبة » فيه « تشابه المادة الموجودة فى ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) ولكنها ليست نفسها تماما » (أى مادة الأكسجين) ، وإن هذه المادة تستهلك فى عملية الاحتراق بحيث يتطلب الأمر إمدادا مستمرا من الهواء (ولقد أخذ الكيميائى الإنجليزى جون مايو هذه الفكرة دون أن يشير إلى هوك) . وكذلك كانت ملاحظات هوك عن ظاهرة التنفس تعكس عمقا كبيرا فى تفكيره . والواقع أن إدراكنا لعبقرية هوك تتطلب منا أن نقرأ آراء الآخرين فى عصره عن هذه المواضيع .

وعندما فحص هوك بلورات الكوارتز فى حجر الصوان قال بأن التركيب البلورى ظاهرة عامة لمختلف المواد وبالذات الأملاح والمعادن ، ثم استخدم بعد ذلك رصاصات كروية لعمل نماذج

للبلورات تبدو وكأنها نماذج حديثة . ومن المهم أن نشير إلى أنه ذكر أن الصخور الملحية « تتكون من كرات فى وضع تكعيبى » ...

ولاحظ هوك ألوان الرقائق الرفيعة — مثل رقائق الميكا أو الهواء المحصور بين لوحين زجاجيين أو فقاعات الصابون — واستنتج بجرأة أن هذه الألوان ناجمة عن فعل الضوء المنعكس من سطح الرقيقة وظهرها . ووضع نظرية عن الضوء مؤداها أن الضوء ناجم عن ذبذبات سريعة جدا للجسم المضىء وأن الموجات الناتجة تحمل على ظهر الأثير الموجود فى كل مكان . ولا شك أن جوانب كثيرة لنظريته الخاصة بالضوء والألوان غير واضحة ، غير أن تأملاته هذه تحوى كثيرا من الحقائق . إنه لم يكتب فى هذه النظرية سوى بضع صفحات غير أن إسحاق نيوتن ، كما نعلم ، قرأ هذه الصفحات بدقة كبيرة .

وينتهى كتاب « الصور الميكروسكوبية » ببضع صفحات عن مواضيع فلكية ، وهو شىء غير منتظر فى كتاب عن الصور الميكروسكوبية . لقد أشار هوك ، لأول مرة ، إلى التأثير الانكسارى للغلاف الجوى على الضوء الذى يصلنا من الأجرام السماوية . وكذلك ذكر تجربتين قام بهما لمعرفة كيف تتكون البراكين على القمر . أطلق فى الأولى قذائف على مزيج من الطمى والماء ،

ولاحظ فى الثـانية كيف تنبعث الفقاقيع من سطح الألباستر المصحون المندى عندما يقف غليانه . لقد حصل فى الحالتين على حفر تماثل فى شكلها البراكين الموجودة على سطح القمر . إن هاتين التجربتين توضحان بجلاء النظريتين المعترف بهما اليوم : هذه البراكين تتـكون من سقوط بعض الشهب على سطح القمر أو من انطلاقات بركانية من داخله .

إن هذا الـكتاب الرائع الذى كتبه شاب لم يتجاوز التاسعة والعشرين من عمره ، يصور لنا عقلا تنطلق منه الأفـكار الجديدة المذهلة فى صحتها عن كل جوانب العلم كما تصور لنا ذهنا تجريبيا رائعا ، وعندما نشر هذا الـكتاب كانت تجرى أحداث هامة سواء فى إنجلترا أو فى حياة هوك . أدى انتشار الطاعون فى عام ١٦٦٥ والحرائق الهائلة فى عام ١٦٦٦ إلى تدمير جزء كبير من لندن والحياة فيها . وسرعان ما تصدى هوك لمساعدة صديقه كرستوفر رن فى إعادة بناء المدينة . عين هوك ملاحظا للمدينة ، ولعل هذه أول مرة يتخلص فيها من مشاكله المالية . وما إن مر أسبوع على انتهاء الحرائق حتى وضع هوك أمام الجمعية الملـكية نموذجا لإعادة بناء لندن على أساس مربع ، ولقد طبقت نيويورك مثل هذا النموذج فيما بعد ا كان هوك ، بالإضافة إلى كل ما تقدم مهندسا ماهرا ، وصمم كثيرا من مبانى لندن المعروفة .

ولم يترقف نشاط هوك العلمى مطلقا ، ففى عام ١٦٧٤ نشر بحثاً عرض فيه محاولة منظمة لمشاهدة تزيح الضوء المنبعث من النجوم . ولكى يقيس المسافات الزاوية بين الأجرام السماوية صمم آلة ربع جديدة تعتبر أول آلة تلسكوبية تضبط بمسمار محوى . وكان هذا الجهاز بمثابة تقدم هائل بالنسبة للأجهزة ذات الرؤية المباشرة التى صممها معاصره هفلياس من دانزج . ويجدر بنا أن نذكر أن هوك لم يصمم هذا الجهاز الجديد أو يحسنه فحسب ، بل كان مدركا تماما لمزاياه . لقد وجد بالقياسات أن قدرة العين التحليلية لا تتجاوز قوسا قدره دقيقة واحدة ، وأن التلسكوب يزيد كثيراً من هذه القدرة التحليلية .

كان هوك أبرز صانع للأجهزة فى عصره ، ولقد وصف ، فى نفس البحث ورسم تلسكوبا استوائيا يدار بساعة ويستخدم فى تتبع حركة النجوم . وتتميز أجهزة هوك الفلكية بوجود وصلة « هوك » أو الوصلة العامة التى تستخدم الآن . ويبدو أن هوك لم يصنع تلسكوبا يدار بالساعة ، ذلك أن أول تلسكوب من هذا النوع صنع فى فرنسا بعد هوك بسبعين عاما .

وعندما يريد المرء أن يكتب عن هوك لا يسعه إلا أن يكدس كوماً من الكشوف ، ونحن لا يمكننا أن نقدم هنا قائمة بهذه

الكشوف ، غير أنه يجب علينا أن نذكر كلمة عن كتاب له ظهر عام ١٦٧٨ عرض فيه قانون هوك والاستنتاجات المستمدة منه . لقد بين أن ذبذبات جسم مرن ، حيث القوة التى تعمل على إعادته إلى وضعه الأول تتناسب مع زحزحة هذا الجسم ، تستغرق نفس الفترة مهما كانت درجة الذبذبة . ويعتبر هذا الكشف فى غاية الأهمية . ومن هذه الدراسة للذبذبات توصل هوك إلى وضع نظرية عامة ، ولو أنها فجة بالضرورة ، عن حركة المادة مؤكدا أن حركة جسيمات المادة تفسر لنا كثيرا من الظواهر .

وفى عام ١٦٧٧ مات أولدنبرج وعين هوك سكرتيرا للجمعية الملكية . ولم يلبث أن كتب إلى نيوتن يطلب منه أن يقدم للجمعية بحثا من بحوثه . كان الجدل قد استعر بين العالمين من قبل بخصوص طبيعة الضوء ، وكان أولدنبرج يؤجج نار الخلاف ؛ غير أن خطاب هوك الآن كان وديا . وتبودلت الرسائل بين العالمين ، ولكن العداء عاد بينهما من جديد . كان هوك قد نشر فى عام ١٦٧٤ القواعد الثلاث التالية : أولا ، إن كافة الأجرام السماوية لها جاذبية تتجه نحو مركزها . وثانياً ، إن كافة الأجسام تستمر فى الحركة فى خط مستقيم إلا إذا تعرضت لجذب قـوة أو أخرى . وثالثاً ، إن قوة الجذب تتناقص مع ازدياد المسافة حسب قانون لم يعرفه هوك وقتئذ . وكان نيوتن قد توصل بنفسه إلى هذه النتائج

ولكنه لم ينشرها أو يتحدث عنها ، الشيء الذي يؤكد أن هوك توصل إليها مستقلا عن نيوتن . وفى عام ١٦٨٠ كتب هوك إلى نيوتن يسأله عن المدار الذى ستتخذه الكواكب على أساس افتراض أن قوة الجاذبية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة . ولو أن هوك قد تمكن بنفسه من استخلاص النتائج الرياضية لقواعده هذه بخصوص مدارات الكواكب ، لحل المشكلة العظيمة . . مشكلة النظام الشمسى الذى يرجع إلى نيوتن فضل حلها . كم اقترب هوك من هذا الهدف بفضل حاسته العلمية العميقة !

وعندما علم هوك أن كتاب نيوتن « الأسس » ، الذى نشر بعد ذلك بست سنوات ، يحتوى على عرض للنظام الشمسى على أساس من القواعد التى وضعها ، دون إشارة له ، تضايق كثيراً . إنه لم يكن يطلب أكثر من مجرد الإشارة إلى أعماله فى هذا الصدد ، غير أن نيوتن ، وكان بدوره سريع التهيج ، رد على ملاحظة هوك بعدم ذكر اسمه لا فى كتاب « الأسس » ولا فى كتاب « الظواهر الضوئية » الذى نشره بعد وفاة هوك . إن هوك الذى كانت تنقصه الكياسة ولا ينقصه الكرم يستحق من المرء كل العطف .

وفى عام ١٦٨٢ ترك هوك سكرتارية الجمعية الملكية ، ولكنه ظل يقدم بحوثه إلى الجمعية فى مختلف المواضيع ، من طبيعة

الذاكرة ، إلى الشهب . وعندما توفيت ابنة عمه عام ١٦٨٧ ، وكانت تعيش معه لعدة سنوات ، كانت الصدمة قاسية عليه . وبعد بضع سنوات تدهورت حالته الصحية بشكل كبير ، ولكنه ظل متمسكا بأهداب الحياة حتى عام ١٧٠٣ . وعند وفاته أقيم له جناز محترم حضره كل أعضاء الجمعية الملكية الذين كانوا فى لندن إذ ذاك . غير أنه لما يدعو إلى الأسف أن مكان قبر هذا الرجل التعس غير معروف .

* * *

وما إن مر عامان على وفاة هوك حتى ظهر كتاب « أعمال روبرت هوك » فى مجلد واحد يبلغ حوالى ٤٠٠,٠٠٠ كلمة . ولقد تم تحضير هذا الكتاب من مسوداته التى لم تنشر ، وأغلبها محاضرات . إن هذه الصفحات الرائعة التى يضمها هذا الكتاب تعطى هوك الحق فى أن يحتل مكانه بين رواد علم الچيولوچيا وعلم التطور إلى جانب الميادين الأخرى . لقد أدرك أن الحفريات إن هى إلا سجل للحياة القديمة على ظهر الأرض ، وأشار إلى أنه فى استطاعة المرء أن يزيف العملة أو الميداليات أو الوثائق ، « ولكن خصائص هذه الحفريات لا يمكن أن يزيفها أمهر مزيف فى العالم ، ولا يمكن أن يشك فى مظهرها أى فاحص غير متحيز . وبالرغم

من أنه يصعب جداً قراءتها أو استخلاص التتابع الزمنى منها أو تحديد فترات الزمن التى شاهدت هذه الكارثة أو تلك الطفرة ، إلا أن هذا ليس مستحيلا ..... قارن بين هذه العبارات والقصص الخرافية التى كان يذكرها معاصروه عن هذه المواضيع !

يستطيع المرء أن يملأ الصفحات التى يعدد فيها كشوف هوك التى يكفى واحد منها لتخليد اسمه ، والتى نسب الكثير منها إلى رجال جاءوا من بعده . ولنلق نظرة على اجتماع واحد من اجتماعات الجمعية الملكية . جاء فى محضر اجتماع ٢٧ يوليو عام ١٦٨١ ما يلى : « عرض مستر هوك اختراعه الجديد عن فتحة فى التلسكوبات الطويلة يمكن أن تفتح أو تقفل كإنسان العين ، تاركة ثقبا مستديرا فى منتصف الزجاج بالحجم المطلوب . ولقد قدرت الجمعية هذا الاختراع . وعرض كذلك تجربة لإحداث الأصوات الموسيقية وغيرها من الأصوات باستخدام أسنان فى عجلات من النحاس بحيث تكون هذه الأسنان متساوية الحجم للأصوات الموسيقية ومختلفة للأصوات الأخرى » . إننا نقابل فى هذه السطور الحجاب القزحى الذى يعتبر عادة من اختراعات القرن التاسع عشر ، ثم شكلا متقدما من الآلة الصوتية التى تعرف باسم عجلة سافارت ، نسبة إلى رجل فرنسى يرجع إليه الفضل فى اختراعها عام ١٨٢٠ .

وكذلك عرض هوك فى نفس الاجتماع اختراعا ثالثاً هو المنظار الشمسى .

ولقد آثرت أن أتجنب التبويب المنظم لأعمال هوك ؛ لأن القصة الزمنية تذكر لنا بشكل أوضح وأصدق كيف كانت الاختراعات والكشوف والتنبؤات تنطلق الواحد بعد الآخر من ذهن ذلك الرجل العجيب . ولقد أصاب چون وارد كبد الحقيقة عندما قال عام ١٧٤٠ : « لو أن هوك كان أكثر اتزانا وعمد إلى استكمال كل كشف يصل إليه قبل أن ينتقل إلى كشف آخر ، لكان من المحتمل فى بعض الحالات أن يؤدى خدمات أعظم ، ولاستطاع أن يتخلص من ذلك القلق المستمر الناجم عن خوفه من أن يحصل آخرون على فضل يستحقه هو ، مع أنهم يبنون على الأسس التى وضعها هو » .

* * *

ولقد صنع هوك المريض المجهد فى العمل الذى حسده الكثيرون وهاجمه من هم أقل منه شأنا وخادعه البعض ، صنع لنفسه كثيراً من الأعداء ، ولكنه مع ذلك اكتسب صداقة بعض الشخصيات البارزة فى عصره مثل أستاذه بزبى وچون إيڤلين وتوماس سيدنهام وكرستوفر رن . وكان هوك يكن دائماً أشد

انواع الإعجاب بالعالمين رن وبويل . ومع أنه كان سريع الغضب إلا أنه كان شجاعا ومعتدا بنفسه وعلى استعداد تام لتقدير كل معونة أو عطف ، وسريع العفو عن أى ضرر أصابه من جانب عظماء الرجال الذين يقدرهم حق قدرهم . ولقد تمنى ل . ت . مور ، وهو يؤرخ حياة نيوتن ، لو أن ذلك العالم الكبير استطاع « وهو فى أوج شهرته ومجده أن يعبر عن تقدير أكبر وعطف أشد (لهوك) ذلك العالم الذى كان يتمتع بروح قوية وذهن متقد سجينين فى جسد مريض » .

والواقع أن هوك كان متسرعا لا صبر له مع الأغبياء ولا قدرة له على تحمل الاعوجاج ، وهى صفات قد يتبرم المرء بها إذا اتصف بها شخص تافه ، ولكنها لا تنقص قدر الرجل العظيم . وصفه صديقه وناشر كتبه بالكلمات التالية : « كان هوك يتمتع بقدرة كبيرة على الحكم على خصائص الآخرين » ، وهى صفة لا تخلو من بعض المخاطر . وكانت تنقصه القدرة على الاقتراب من الناس برقة وكياسة وعلى تحليل دوافعهم وإخفاء رأيه فيهم ، وهى كلها صفات هامة لنجاح الإنسان فى هذا العالم ، ولعل أحد أخطائه الكبيرة أنه كان حساسا . ولا شك أننا نعتقد جميعاً أن هوك كان سيلاقى معاملة أفضل لو أنه وجد فى عصرنا الحاضر . . . من يدرى !

لاپلاس

بقلم : جيمس . ر . نيومان

كان مؤرخو العلوم على حق عندما أطلقوا على الماركيزدى لا پلاس اسم نيوتن فرنسا . إنه استحق ذلك الاسم بفضل أعماله الضخمة في ميكانيكا الأجرام السماوية التي توج بها جهود ثلاثة أجيال من علماء الفلك الرياضيين ، ولأنه قدم للعالم قاعدة عامة يمكن تطبيقها في كافة ميادين علم الفيزياء . أما المؤرخون الذين اهتموا بتاريخ حياته فقد وجدوا فيه شخصا يدعو إلى الاهتمام أكثر منه رجل علم ، بالرغم من أن أثر شخصيته أقل من أثره كعالم . كان شخصا يجمع كثيرا من الصفات التي امتزجت بشكل غريب . كان طموحا دون أن تنقصه المودة ، وكان لامعا ولكن لا يتورع عن سرقة أفكار غيره بكل بساطة ، وكان مرنا بحيث يصبح جمهورياً أو ملكياً كما تدعو الأحوال في زمنه الكثير التقلب ، زمن الثورة الفرنسية .

ولد پيير سيمون دى لا پلاس في قرية بومونت - أن - أوج بمقاطعة نورماندى التي تطل على القناة الإنجليزية في الثالث والعشرين

من مارس عام ١٧٤٩ . أما الحقائق المتعلقة بحياته ، وخاصة الفترات الأولى منها ، فقليلة ومتباينة ، ذلك أن أغلب الوثائق الأصلية التى تتناول تاريخ حياته احترقت خلال الحريق الذى دمر قصر حفيده الكونت كولبرت لابلاس عام ١٩٢٥ ، كما فقد جزء آخر خلال الحرب العالمية الثانية عند إلقاء القنابل على مدينة كان . ولقد انتشرت آراء كثيرة خاطئة حول حياة لابلاس كالقول إن أباه كان فلاحا فقيرا ، وإن بعض جيرانه الأثرياء هم الذين تكفلوا بتعليمه ، وإنه حاول إخفاء « نشأته المتواضعة » بعد أن صار شهيرا . وتدل البحوث الحديثة التى قام بها عالم الرياضة السير إدمون ويتاكر أنه مهما كانت الأسباب التى دعت لابلاس إلى تحفظه عند الحديث عن طفولته ، فإن فقر والديه ليس سببا منها ، فقد كان أبوه يملك ضيعة صغيرة ، وكان يعمل رئيسا فى إحدى الأبراشيات ، وكانت أسرته من « بورجوازية الأرض الميسورة الحال » . كان أحد أعمامه جراحا والعم الآخر قسيسا . ويقال إن هذا العم القسيس الذى كان يعمل مدرسا فى الدير البندكتى فى بومونت قد أثار فى الصبى حب الرياضيات . ولقد اعتقد الناس لفترة من الزمن أن لابلاس سيسير على نهج عمه ويصبح قسيسا ، غير أن الفتى أظهر كفاءاته الرياضية فى جامعة كان التى دخلها وعمره لم يتجاوز السادسة عشرة . لقد كتب فى هذا السن بحثا


BERNARDA
BRYSON

عن علم التفاضل والتكامل للفروق المتناهية فى الصغر ونشره فى مجلة علمية كان يشرف عليها چوزيف لويس لاجرانج ، العالم الرياضى الكبير ، الذى كان يكبر لاپلاس بثلاثة عشر عاما والذى تعاون معه فيما بعد .

* * *

وما إن بلغ لاپلاس الثامنة عشرة من عمره حتى شد الرحال إلى پاريس وهو يحمل خطابات توصية حارة إلى چين لوروند دلامبير أبرز عالم فرنسى فى الرياضيات . ولكن دلامبير تجاهل هذه التوصيات . ولم يمنع ذلك فى عضد لاپلاس فأرسل إلى العالم الكبير رسالة تضم بحثا عن القواعد العامة للميكانيكا . وكان لهذه الرسالة أكبر الأثر على العالم الكبير الذى أرسل فى طلب الشاب المبكر النضج وقال له : «يا أيها السيد ، أنت ترى بأنى لا ألقى بالا إلى التوصيات . والواقع أنك لست فى حاجة إلى توصية . لقد عبرت عن كفاءتك وهذا يكفينى ، إنى سأقف إلى جانبك . » وسرعان ما كفل له دلامبير مركز أستاذ الرياضيات فى مدرسة پاريس العسكرية .

وشق لاپلاس طريقه بسرعة ، وبشكل رائع . قدم إلى أكاديمية العلوم بحثا وراء بحث مستخدما قدرته الرياضية الهائلة فى حل المشكلات المتعلقة بنظرية دوران الكواكب . ولقد علق أحد علماء

الأكاديمية على ذلك بقوله : « إننا لم نر شابا يقدم فى هذا الوقت القصير هذا العدد الكبير من البحوث المتعلقة بمشاكل صعبة ومتعددة الجوانب مثل لابلاس » .

* * *

وكانت إحدى المشكلات التى جرؤ لابلاس على التعرض لها هى «الرجوع» فى حركة الكواكب . كان معروفا منذ زمن طويل أن الكواكب لا تتحرك بشكل منتظم ، فقد أشار الفلكى الإنجليزى إدمون هالى ، مثلا ، إلى أن كوكبى المشترى وزحل يتأخر أحدهما عن الآخر ، خلال الأجيال ، ثم يعود فيسبقه وكأن بينهما نوعا من السباق يحتلان فيه أماكن غير الأماكن المنتظرة . كان استخدام نظرية نيوتن عن الجاذبية لتفسير سلوك الكواكب وتوابعها أمرا يتضمن كثيرا من المصاعب المخيفة . وحتى اليوم لم يتوصل العلم إلى حل مشكلة سلوك ثلاثة أجسام تتجاذب فيما بينها حسب قانون التربيع العكسى . غير أن ذلك لم يمنع لابلاس من معالجة موضوع أعقد، وهو تجاذب كافة الكواكب فيما بينها وبين الشمس.

كان نيوتن يخشى أن يؤدى هذا التسابق المقلق بين الكواكب بعد زمن أو آخر إلى فساد النظام الشمسى وإلى ضرورة تدخل القوة العاقلة لحفظ النظام فيها . ولكن لابلاس رأى أن يبحث

عن الأمان فى مكان آخر ؛ ففى بحث له ، وصف بأنه « أروع بحث قدم للجمعية العلمية » ، بين لاپلاس أن هـذا الرجوع فى حركة الكواكب لا يتراكم ، ولـكنه يحدث بصفة دورية ، ثم عكف بعد ذلك على وضع قاعدة عامة تتعلق بهذه الذبذبات وذلك الميل فى مدار الكواكب . وكان لهذا البحث أثره على مصير النظام الشمسى بأكمله ، فما دام قد أوضح أن هذا الفساد فى الآلة يعود فيصحح نفسه تدريجيا — مثل عملية الشفاء الذاتى فى المجال الفسيولوچى التى سماها والتركانون « اتزان الجسم » — فإنه يكون بذلك قد أمّن بشكل معقول مستقبل الآلة الكونية ومستقبل الزائر العرضى لها ، وهو الإنسان . أما إذا كانت هذه الذبذبات تتراكم وكل ذبذبة تمهد السبيل إلى أخرى أقوى منها ، فلا محيص من حدوث كارثة بعد وقت أو آخر. لقد قدم لاپلاس حلا نظرياً يبدو أنه يتفق مع المشاهدات ، كما أوضح أن كارثة ما لن تصيب النظام الشمسى وأن هـذه التغيرات التى تحدث فيه « تكرر نفسها فى فترات منتظمة ولا تتعدى قدراً معتدلا » . أما الفترات ذاتها فطويلة جدا ، وأما الذبذبات فكأنها ذبذبات « بندول الخلود الضخم الذى يعد العصور كما يعد بندولنا الثوانى والدقائق » .

إن نظريات لاپلاس كانت بمثابة درع الأمان لحسن سير آلة الكون النجومية ؛ أما التخبط وعدم النظام المشاهد فهو شىء

ثانوى يصحح تلقائيا بحيث لا يهدد دوران الآلة ككل . والواقع أن لابلاس اعتبر هذه الحركات الشاذة كنعمة لعالم الفلك ، إذ جاء بكتابه « حركة الأجرام السماوية » : « إن الحركة غير المنتظمة لهذين الكوكبين كانت تبدو أول الأمر ولا تفسير لها من وجهة نظر قانون الجاذبية العام ، أما الآن فإن هذه الحركة ذاتها تعتبر أحد الأدلة الرائعة على سلامته . هذه صورة مميزة للنظام الحق للطبيعة ، إن كل صعوبة تبرز أمام هذا الكشف الرائع تعود فتصبح دعامة من الدعامات القوية التى تبرهن عليه » .

غير أن هناك نقطتين يجدر بنا أن نذكرهما فى هذا المجال : أما النقطة الأولى فهى أن الحل الذى توصل إليه لابلاس لم يثبت بشكل كامل ثبات النظام الشمسى . إن هذا الحل ينطبق على نظام شمسى مثالى لا يلعب فيه الاحتكاك المدّى أو أية قوى أخرى دورا ما . ونحن نعرف الآن ، ما كانوا يجهلونه وقت لابلاس ، أن الأرض جسم غير صلد وعرضة لتغيير شكله نتيجة للاحتكاك المدّى الذى يعمل بمثابة فرملة تعوق حركة الأرض . ولا جدال فى أن هذا الأثر طفيف غير أنه يعمل دائماً فى نفس الاتجاه . والنتيجة أننا لا نستطيع القول ، مثل لابلاس ، إن الطبيعة قد نظمت العمل فى الآلة النجومية ، بحيث تخلد إلى الأبد على نفس الأسس

التى تسود بروعة على الأرض والتى تؤدى إلى حفظ الأفراد وإلى استمرار النوع » .

وأما النقطة الثانية فتتعلق بإخفاء لابلاس ما يدين به للعالم لاجرانج . إن كل ما حققه لابلاس ، تقريباً ، فى ميدان علم الفلك الفزيائى يرجع جزء من الفضل فيه إلى كشوف لاجرانج الرياضية العميقة . ومن الصعب فى كثير من الأحيان الفصل بين ما أسهم به كل منهما . كان لاجرانج رياضياً كبيراً ، وكان لابلاس ، الذى يرى فى الرياضيات وسيلة للوصول إلى أهدافه ، عالما فى ميدانى الفلك والفيزياء الرياضية . وبينما عاتب الكثيرون لابلاس بشكل عنيف على إهماله الإشارة إلى ما أسهم به لاجرانج ، إلا أن لاجرانج نفسه بروحه الملائكية لم يفعل ذلك ، وظل العالمان على علاقة طيبة بشكل مستمر .

ظهر كتاب لابلاس « حركة الأجرام السماوية » فى خمسة أجزاء كبيرة بين عامى ١٧٩٩ ، ١٨٢٥ . ويصف لابلاس المواضيع التى عالجها الكتاب بالكلمات التالية :

« قدمنا فى الجزء الأول من هذا الكتاب القواعد العامة لحركة الأجسام وتوازنها . ولقد أدى بنا تطبيق هذه القواعد على حركة الأجرام السماوية ، دون ما حاجة إلى اللجوء إلى التدليل

الرياضى ، وبدون أية نظريات افتراضية ، إلى الوصول إلى قانون التجاذب العام ، وأثر الجاذبية وحركة القذائف ، فهذه كلها حالات خاصة من القانون . وتناولنا بعد ذلك نظاماً من الأجسام يخضع لهذا القانون الطبيعى العظيم ، وتوصلنا عن طريق تحليل هذا النظام ، إلى التعبير بشكل عام عن حركة هذه الأجسام ، وشكلها ، وذبذبة السوائل التى تغطيها . ومن ذلك التعبير استنتجنا كافة الظواهر المعروفة من المد والجزر ، وتباين درجات وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وتقدم الاعتدالين ، وتحرير القمر ، وشكل ودوران حلقات زحل . كما أشرنا للسبب الذى يجعل هذه الحلقات تظل دائماً فى مستوى خط الاستواء بزحل . وإلى جانب ذلك استنتجنا من نفس نظرية الجاذبية ، المعادلات الأساسية لحركة الكواكب ، وبالذات كوكبى المشترى وزحل اللذين تبلغ فترة عدم التساوى بينهما أكثر من ٩٠٠ عام .

* * *

ويعتبر الرياضيون أن هذا الكتاب جدير بالتخليد . كما يقال إن عالم الرياضة الأيرلندى وليم رووان هاملتون قد بدأ حياته كعالم رياضى باكتشاف خطأ ورد فى هذا الكتاب . واستخلص منه العالم الرياضى الإنجليزى چورچ جرين نظرية رياضية للكهربائية .

ولعل أعظم ما أسهم به لابلاس فى هذا الكتاب هو معادلته الشهيرة :

$$\frac{د^2 ى}{د س^2} + \frac{د^2 ى}{د ص^2} + \frac{د^2 ى}{د ع^2} = \text{صفراً}$$

وهذا التعبير إنما هو معادلة مجال يمكن أن تستخدم لوصف ما يحدث عند لحظة معينة فى كل نقطة من نقط مجال ناجم من وجود كتلة جاذبة ، أو شحنة كهربية ، أو سريان سائل أو ما إلى ذلك . وبكلمات أخرى ، إن هذه المعادلة تعالج قيمة كمية فيزيائية ، هى الجهد ، خلال متصل كامل . وأما معامل الجهد ى الذى وضع أول الأمر كمجرد كمية رياضية ، فقد اكتسب فيما بعد معنى فيزيائيا . والفرق بين قيم معامل الجهد عند نقطتين مختلفتين فى المجال يقيس كمية الشغل المطلوبة لتحريك وحدة من وحدات المادة من إحدى هذه النقط إلى الأخرى ، كما يقيس معدل تغير الجهد فى أى اتجاه ، والقوة التى تعمل فى ذلك الاتجاه .

وإذا أعطينا ى معانى مختلفة (مثل درجة الحرارة ، أو سرعة الجهد أو غير ذلك) ، فإن المعادلة تجد لها مجالا واسعا فى التطبيق سواء فى نظريات الكهربية الإستاتيكية أو الجاذبية أو الديناميكية المائية أو المغناطيسية أو الضوء أو الصوت أو توصيل الحرارة . ففى ميدان الديناميكية المائية حيث ى هى سرعة الجهد (مربع المسافة

مقسوم على الزمن) ، فإن معدل تغير الجهد يعتبر مقياسا لسرعة السائل . وتنطبق المعادلة على السوائل غير القابلة للانضغاط أو الفناء ؛ فإذا خرجت كمية من السائل من حجم صغير تعادل الكمية التى تدخل فى هذا الحجم ، فإن دالة الجهد تساير معادلة لابلاس . والتفسير المبسط لكون هذه المعادلة تلعب دورها لحل كافة المشاكل الفيزيائية ، تقريباً ، هو أنها تصف الاقتصاد الذى يميز أنواع السلوك الطبيعية — « ميل عام نحو التجانس بحيث تتجه كافة الفوارق المحلية إلى التلاشى » . فإذا سخنا ، مثلا ، قضيبا معدنيا عند أحد طرفيه ، فإن درجة الحرارة ستتجه إلى أن تصبح متجانسة فى القضيب بأكمله ، وإذا وضعنا مادة مذابة فى سائل فإن هذه المادة ستعمل على أن تنتشر بشكل متجانس فى هذا السائل .

* * *

ويتضمن كتاب « حركة الأجرام السماوية » من الصعوبة ما يتناسب مع حجمه الكبير . إن لابلاس لم يكن متساهلا مع القارئ ، كان يقفز ثغرات كبيرة باستخدام هذه العبارة المزعجة : « من السهل أن نرى » . ويعلق عالم الرياضة والفلكى الأمريكى ناتانييل بوديتش ، الذى ترجم أربعة أجزاء من الكتاب إلى اللغة الإنجليزية ، يعلق على ذلك قائلا : إنه ما إن يقابل هذه العبارة

«من السهل أن نرى» ، حتى «أشعر بيقين أن أمامى ساعات من العمل المضنى حتى أساير لابلاس فى تدليله » بل إن لابلاس ذاته عندما يرغب فى عرض بعض تدليلاته الرياضية يعترف بأنه ليس « من السهل أن يرى » كيف يمكن الوصول إلى نتائجه . ولا شك أن هذا الأسلوب ينقصه التواضع ، بل وينقصه بعض الشرف ، ذلك أن أنيس مارى كلارك مؤرخة الفلك الشهيرة تقول « إن نظريات ومعادلات بأكملها ينتزعها لابلاس من أصحابها دون أن يشير إليهم أية إشارة ، وينسب إلى نفسه نتاج الجهود التى استغرقت قرناً من العمل الصبور المضنى » . وكذلك يشير إريك تمبل بل المتخصص فى الكتابة عن حياة العلماء أن لابلاس لم يكن يتورع عن « السرقة من اليمين ومن اليسار ، بجرأة تامة ، إنه يضع يديه بكل بساطة على كل ما يستطيع استخدامه من أعمال معاصريه ومن سبقوه » .

وفى عام ١٧٩٦ كتب لابلاس « عرض لنظام العالم » ، كتبه مبسطاً فى ميسور القارىء الذى لم يتمكن من متابعة كتاب « حركة الأجرام السماوية » . والواقع أن هذا الكتاب المبسط يعتبر من أروع الكتب الشعبية التى ظهرت عن الفلك . فى هذا الكتاب الرائع عرض لابلاس نظريته السديمية الشهيرة (التى سبقه إليها إيمانويل كانت عام ١٧٥٥) . والفكرة الأساسية فى هذه النظرية

أن النظام الشمسي تطور من كتلة دوارة من الغاز تكثفت فتكونت الشمس ثم انطلقت منها بعد ذلك سلسلة من الحلقات الغازية صارت الكواكب . وبينما هذه الكواكب فى حالتها الغازية انطلقت منها حلقات صارت التوابع . ومنذ أن عرض كانت ولا پلاس هذه النظرية وأسهمها ترتفع تارة وتنخفض تارة أخرى. وتؤكد نظرية لاپلاس استحالة حركة أى عضو فى المجموعة الشمسية فى اتجاه عكسى . غير أن السير وليم هيرشل وجد ، قبل وفاة لاپلاس ، أن توابع يورانوس تسير فعلا فى اتجاه عكسى ، ثم كشفت من بعد ذلك توابع أخرى تسلك نفس السلوك . ولكن ذلك لا يمنع القول بأن هذه النظرية كانت خطوة فكرية هامة ،حتى أن الشيء الكثير من تدليلها الأساسى ما زال يجد صدى عند بعض علماء الكون الذين يسلمون بصحته فيما يتعلق بالتجمعات الفلكية الأكبر من المجموعة الشمسية .

وهناك موضوع آخر اهتم به لاپلاس كعالم رياضى ومبسط للعلوم ، ذلك هو نظرية الاحتمالات. إن بحثه الشامل « نظرية تحليلية للاحتمالات » يتضمن وصفا لحساب تحليلى مفيد يضفى درجة ما من المنطق على النظريات الخاصة بالأحداث الصدفية . وكان إطار هذا الحساب هو علم التوافيق والتباديل الذى يمكن أن يسمى رياضيات الاحتمالات .

ويرى لابلاس أن نظرية الاحتمالات إن هى فى الواقع إلا تدليل مقبول مصاغ فى قالب الحسابات . غير أن بحثه كان يتضمن صعوبة فى الحساب لعلها تفوق الصعوبة فى حركة الكواكب . إن أوغسطاس دى مورجان عالم الرياضة الكبير يصف هذا البحث بأنه « أصعب بحث رياضى قابلناه » . إنه يفوق فى صعوبته البحوث المتضمنة فى كتاب «حركة الأجرام السماوية».

ولعل ما أسهم به لابلاس فى مجال الاحتمالات يفوق ما أسهم به أى باحث آخر بمفرده ، غير أن لابلاس فى كتابه « نظرية تحليلية » لم يشر أيضا إلى جهود أى عالم آخر من علماء الرياضة الذين استفاد منهم للوصول إلى نتائجه . وفى هذا الصدد يقول دى مورجان » : « إن لابلاس كان يقدم من ذاته أفكاراً أصيلة بالقدر الذى يجعل القارىء يتعجب من ذلك الرجل الذى يستطيع أن يصوغ آراء غيره بهذه البراعة ولا يتورع عن أن يسلك سبيلا فيه خطر كبير على مركزه » .

وفى بحث آخر عنوانه « بحث فلسفى عن الاحتمالات » ، يعرض فيه لابلاس مقدمة غير فنية لقوانين الصدفة ، كتب الفقرة التالية التى تعتبر أسلم تعبير عن التفسير الحتمى للكون ، كما تعتبر رمزاً لذلك العصر السعيد الملىء بالثقة الذى يفترض أنه من الميسور

وصف الماضى واكتناه المستقبل إذا عرفت لقطة واحدة من لقطات الحاضر .

« إن علينا أن نعتبر الحالة الحاضرة للكون كالأثر الناجم من حالته السابقة والسبب الذى تترتب عليه حالته المستقبلة . وإذا كان لدينا ، للحظة واحدة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من الإحاطة بكل القوى التى تملأ الحياة انتعاشاً والأوضاع المقابلة لكافة الكائنات التى تتكون منها الطبيعة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من تحليل كافة هذه الحقائق ، فإنه سيكون فى ميسورنا أن نضع معادلة واحدة تتضمن حركة أكبر الأجسام فى الكون وأخفها ، وعندئذ سيزول الشك وينبلج المستقبل والماضى أمام أعيننا . وإن ذهن الإنسان ، الذى وصل بعلم الفلك إلى الكمال ، يعكس قدراً ضئيلا من هذا الذكاء ، ذلك أن الكشوف التى توصل إليها الإنسان فى علمى الميكانيكا والهندسة ، إلى جانب الجاذبية العامة ، قد مكنته من أن يحيط بماضى نظام العالم ومستقبله فى تعبير تحليلى واحد . وعندما استخدم نفس الأسلوب فى موضوع آخر من مواضيع معارفه نجح فى أن يرجع الظواهر المشاهدة إلى قوانين عامة وفى أن يتنبأ بالظواهر الأخرى التى تنجم عن ظروف بذاتها. وكافة هذه الجهود فى البحث عن الطبيعة تقرب ذهن الإنسان من ذلك القدر الكبير من الذكاء الذى تحدثنا عنه ، ذلك القدر الذى

سيظل دائماً بعيداً عن متناول الإنسان . هذا الاتجاه الذى يميز الإنسان هو الذى يجعله أرقى من الحيوانات ، والتقدم فى هذا المجال هو الذى يميز الشعوب والعصور ويمثل مجدها الحقيقى » .

* * *

ولقد اشترك لاپلاس مع الكيميائى الكبير أنطوان لاڤوازييه فى القيام بتجارب تهدف إلى تحديد الحرارة النوعية لعدد من المواد ، وصمما جهازا يسمى المسعر الثلجى ، يقيس الحرارة من معرفة كمية الثلج التى تذوب ، وهى طريقة استخدمها من قبل الكيميائى الاسكتلندى جوزيف بلاك والألمانى جوهان كارل ويلك .

وبينما ازدهر لاپلاس من الناحيتين السياسية والمالية ، مات لاڤوازييه على حد المقصلة . عين لاپلاس عام ١٧٨٤ « ممتحنا فى مدرسة المدفعية الملكية » ، وهو مركز مريح أتاح له أن يمتحن طالباً يبدو عليه الذكاء ، لا يتجاوز السادسة عشرة من عمره ، اسمه ناپليون بوناپارت . وظلت هذه العلاقة مزدهرة فترة عشرين عاما أصاب لاپلاس فيها كثيراً من الغنم . وكان لاپلاس يدرس الرياضيات ، مع لاجرانج ، فى « معهد المعلمين » ، وصار عضوا ثم رئيساً لمكتب الأطوال ، وعاون فى إدخال النظام العشرى واقترح استخدام تقويم جديد قائم على بعض الحسابات الفلكية ،

مسايرا فى ذلك روح الإصلاح التى صاحبت الثورة .

وهناك ما يدعو إلى الاعتقاد أن ظلالا من الشك أحاطت بلابلاس خلال فترة قصيرة فى أثناء الثورة ، وأعفى من لجنة الموازين والمقاييس . غير أن لابلاس تمكن من الاحتفاظ برأسه ، بل وكسب أمجاداً جديدة . كان يتمتع بالقدرة على ركوب الأمواج المتلاطمة فى العصر الذى كان يحيا فيه ؛ ففى ظل الجمهورية كان جمهورياً عنيفاً يعلن عن « بغضه الذى لا يخمد للملكية » ، وما إن استولى نابليون على السلطة فى التاسع من نوفمبر عام ١٧٩٩ حتى ألقى لابلاس من على كاهليه ثوب الجمهورية وصار من أكثر أنصار الحاكم حماسة ، وساعده فى التحضير للحملة على مصر . ولم يلبث نابليون أن كافأ لابلاس بأن أسند إليه وزارة الداخلية . وفى نفس الليلة التى عين فيها وزيرا أمر بصرف معاش قدره ألفان من الفرنكات . لأرملة العلامة المعروف چين بيلى الذى أعدم خلال فترة الإرهاب . وفى صبيحة اليوم التالى حملت مدام لابلاس معاش ستة أشهر إلى أسرة هذا « الضحية من ضحايا العصر » . كانت هذه « بداية نبيلة » ، كما يقول فرانسوا أرجو الذى كان أحد مريدى لابلاس ، غير أنه من الصعب أن نجد عملا نبيلا آخر قام به لابلاس خلال عمله كوزير ، ذلك المنصب الذى ظل يحتله لفترة ستة أسابيع

فحسب . وعندما كتب نابليون مذكراته فى جزيرة سانت هيلينا علق على كفاءة لابلاس قائلا : « كان لابلاس رجلا إداريا ضعيفا يبحث عن الرقة فى كل مكان ويمزج شئون الحكومة بالأشياء المتناهية فى الصغر » . غير أن نابليون أراد أن يطيب خاطره بعد إخراجه من الوزارة فجعل منه عضوا فى مجلس الشيوخ ، ثم رئيساً للمجلس عام ١٨٠٣ .

كم وجد المؤرخون المتعة وهم يصفون مهارة لابلاس فى الجرى مع الأرانب والصيد مع الكلاب . ولعل مقدمات الطبعات المختلفة لكتبه أبلغ دليل على ذلك . لقد أهدى الطبعة الأولى من كتابه « نظام العالم » عام ١٧٩٦ إلى مجلس الخمسمائة . وفى عام ١٨٠٢ أهدى الجزء الثالث من كتابه « حركة الأجرام السماوية » بكلمات ملؤها التقديس إلى نابليون الذى حل مجلس الخمسمائة . وفى عام ١٨١٢ أهدى لابلاس الطبعة الجديدة من كتابه « نظرية تحليلية فى الاحتمالات » إلى « نابليون العظيم » . وفى الطبعة التى أصدرها عام ١٨١٤ ألغى لابلاس هذا الإهداء وكتب بدلا منه : « إن حساب الصدف كان يمكننا من أن نتنبأ ، بدرجة كبيرة من الاحتمال ، بسقوط الأباطرة الذين يحلمون بالسيطرة على العالم » . لقد جعل نابليون من لابلاس كونتا ، وفى ١٨١٤ مكنه هذا اللقب من أن يشترك فى إصدار القانون الذى يقضى بنفى ذلك الرجل الذى جعل منه

كونتا . وعندما عادت أسرة البوربون كان لابلاس أول من تمرغ عند أقدامها ، وكانت مكافأته أن صار ماركيزا .

* * *

لم يكن لابلاس رجلا شريرا أو خبيثا . كان يمد يد المساعدة إلى كثير من العلماء الشبان . وفى مسقط رأسه فى أركوى كان يحيط نفسه بعدد من الشبان الذين يسيرون على نهجه الفكرى مثل أراجو العالم فى الفلك والفيزياء وعالم الفيزياء چين بيو المعروف ببحوثه عن استقطاب الضوء ، والبارون ألكسندر ڤون همبولدت الرحالة الألمانى وعالم الحياة الشهير ، وچوزيف جاى لوساك عالم الكيمياء والطبيعة الكبير وسيمون پواسون عالم الرياضة اللامع . ويحكى بيو أنه جاء إلى لابلاس فى أحد الأيام وقرأ عليه بحثاً عن نظرية المعادلات ، وبعد أن استمع لابلاس إلى البحث أخذ بيو وأخرج له « أوراقا صفراء قديمة توصل فيها إلى نفس النتائج وطلب منه أن يحفظ الأمر سرا بينهما » . وهكذا ، بعد أن أرضى لابلاس ذاته طلب إلى العالم الشاب أن ينشر بحثه ولا يذكر شيئاً عن النتائج التى توصل إليها من قبله .

ومهما كان الإعجاب العام بعبقرية لابلاس العلمية ، فإنه لم يقلل من عدم الثقة التى يشعر بها الجميع إزاءه نتيجة لسرعة تلونه السياسى .

ولعل أخف معاصريه وطأة عليه كان يصفه « بالمرونة » . وكان الجميع يقارنونه بقسيس براى الذى كان بدوره سريع التلون . كان من أتباع البابا مرتين ، وكان بروتستنتيا مرتين ، ودافع عن نفسه قائلا : « إذا كنت قد غيرت ديانتى فإننى ظللت وفيا لمبدئى وهو أن أحيا وأموت قسيسا لبراى » . وكان فى وسع لابلاس أن يدافع عن نفسه بكلمات مماثلة .

أما عن حياة أسرته وعاداته الشخصية فنحن لا نعرف عنها إلا القليل . يبدو أن زواج لابلاس بشارلوت دى كورتى دى رومانج ، الذى تم فى عام ١٧٨٨ ، كان زواجا موفقا . رزق لابلاس بابنة وابن يدعى إميل ترقى فى سلك الجيش حتى بلغ مرتبة الجنرال فى المدفعية . كان لابلاس فى سنيه الأخيرة يمضى كثيراً من وقته فى أركوى حيث يمتلك منزلا إلى جوار منزل عالم الكيمياء الكونت دى برثيلو . وهناك فى مكتبه ، حيث تطل صورة راسين المؤلف الحبيب إلى قلبه فى وجه صورة نيوتن ، كان لابلاس يواصل دراساته « بهمة لا تعرف الكلل » ، وكان يقابل « زواره البارزين الوافدين من كافة أنحاء العالم » . ومات لابلاس فى الخامس من مارس عام ١٨٢٧ قبل أن يحتفل بعيد ميلاده الثامن والسبعين بعدة أيام . ولما كان مطلوبا من الرجال البارزين أن ينطقوا كلمات

خالدة قبل انتقالهم إلى العالم الآخر ، فقد قيل إن لابلاس أنهى حياته بهذه العبارة : « إن ما نعرفه قليل وما نجهله كثير » . غير أن دى مورجان الذى لاحظ أن هذه العبارة تكاد تماثل ما قاله نيوتن عن الحصى وشاطئ بحر المعرفة أعلن أن كلمات لابلاس الأخيرة ، كما عرفها من مصادر الثقة ، كانت : « إن الإنسان يسير وراء الأشباح » .



القسم الثاني

النظام الجديد للعالم

١ — وليام رووان هاملتون

٢ — ج . ف . فيتزچيرالد

بقلم السير إدموند ويتاكر

ظل السير إدمون ويتاكر نشطا ومنتجا كعالم وباحث حتى مات عام ١٩٥٦ وقد بلغ الثالثة والثمانين من عمره . إنه لم يكن عالماً رياضياً بارزاً فحسب ، بل ظل طوال حياته العلمية الطويلة محاطا بمجموعة رائعة من العلماء . درس الرياضيات فى كمبردج تحت إشراف أرثر كايلاى والسير چورچ ستوكس ، وعندما كان زميلا فى كلية ترينيتى عمل مع أ . ن . هوايتهد وبرتراند رسل والسير ج . ج . تومسون واللورد رذرفورد ، وعندما كان موظفا شابا فى الجمعية البريطانية لتطوير العلوم تعرف على عالم الفيزياء النظرية البارز فرانسيس فيتزچيرالد ، وكان من بين تلامذته خلال السنين الطويلة ج . ه . هاردى والسير چيمس چينز والسير آرثر إدنجتون و ه . و . تورنبول والسير چيوفرى تيلور . وفى عام ١٩٠٦ عين ويتاكر الفلكى الملكى لأيرلندا ، واحتل كرسى الفلك فى جامعة دبلن الذى كان يحتله وليام رووان هاملتون . وكان أبرز تلاميذه هناك ايمون دى ڤاليرا الذى كان بارزا

فى الرياضيات . وعندما ترك ويتاكر أيرلندا ليحتل كرسى الرياضيات فى جامعة أدنبره كتب اليه دى ڤاليرا قائلا ان احدى أمانيه الكبيرة أن ينقل كتابى ويتاكر « التحليل الحديث » و « الديناميكا التحليلية » الى اللغة الكلتية .
والى جانب نشاط ويتاكر فى الرياضيات والفيزياء كان يعمل فى ميادين الفلسفة والدين . كان كاثوليكيا وأولى اهتماما كبيراً الى العلاقة بين العلم واللاهوت .



وليام رووان هاملتون

بقلم : السير إدمون ويتاكر

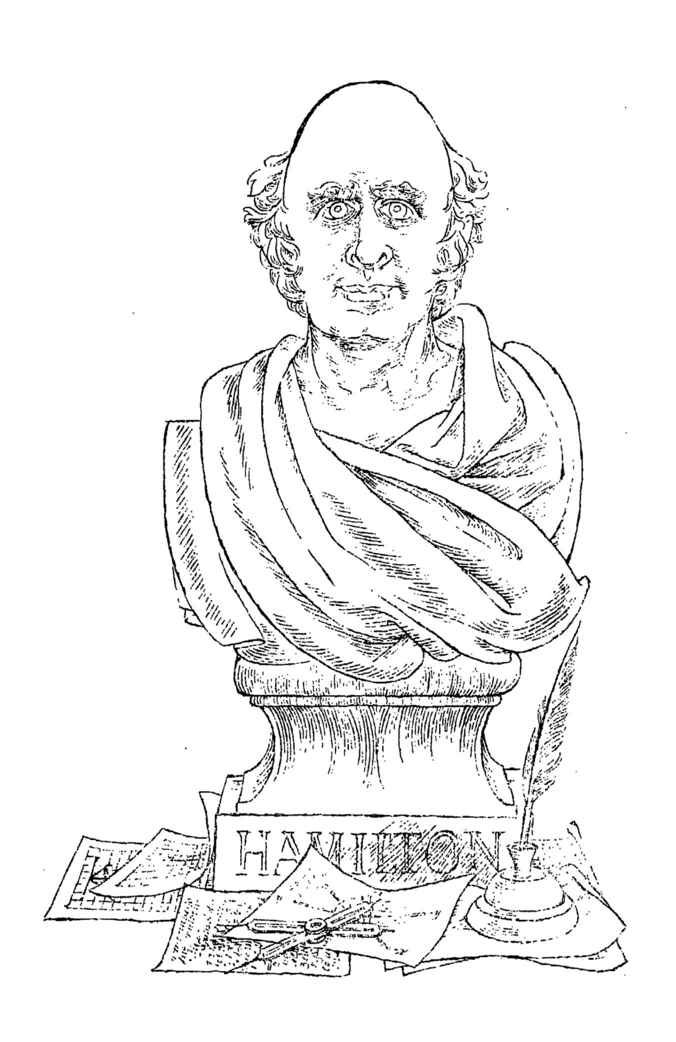
لعل أعظم عالم فى الرياضيات جاء بعد نيوتن بين الشعوب الناطقة بالإنجليزية هو وليام رووان هاملتون الذى ولد عام ١٨٠٥ ومات عام ١٨٦٥ . ولقد عانت شهرته تقلبات غريبة ، فبينما كان خلال حياته رجلا شهيرا دون أن يفهمه الناس ، خفتت شهرته بعد موته وصار معتبرا من علماء الصف الثانى ، وفى القرن العشرين بعثت شهرته من جديد وعاد محلا للاهتمام والتقدير .

أما عن أسلاف هذا العالم فليس لدينا الكثير . كان أبوه محاميا فى مدينة دبلن ، وكان هو الذى دافع عن الوطنى الأيرلندى الطريد أرشيبالد هاملتون رووان وتمكن من إلغاء الحكم الذى صدر ضده . وعن رووان الذى كان حاضرا حفل تعميد وليام الطفل أخذ الطفل اسمه الثانى . ولم يكن أبواه هما اللذين تكفلا بتربيته ، فعندما بلغ حوالى العام من عمره أوكلا تربيته لعمه چيمس أحد رجال الكنيسة فى تريم ، وهى بلدة صغيرة تقع شمال دبلن وعلى مبعدة ثلاثين ميلا منها . فى هذه البلدة عاش وليم الصغير حتى بلغ

العمر الذى يؤهله لدخول الجامعة ، غير أنه كان يزور دبلن بين الفينة والفينة .

وما إن بلغ وليام الثالثة من عمره حتى كان بوسعه أن يقرأ الإنجليزية بسهولة ، وفى الخامسة كان يستطيع أن يقرأ ويترجم اللاتينية والإغريقة والعبرية ، وفى الثامنة أضاف إلى هذه اللغات الثلاث الإيطالية والفرنسية ، وقبل أن يبلغ العاشرة كان يدرس العربية والسانسكريتية . وعندما بلغ الرابعة عشرة كتب خطابا بالفارسية إلى سفير فارس الذى كان فى زيارة إلى مدينة دبلن . ونحن لانعلم هل يرجع الفضل فى ذلك إلى أسلوب عمه فى التربية أو إلى مواهب خاصة كان يتمتع بها .

وكان الفتى الصغير يحب الكلاسيكيات والشعر ، غير أن مركز اهتمامه ومجرى حياته تغيرا تماما وهو فى الخامسة عشرة من عمره عندما قابل شخصا يدعى زيرا كوليرن ، وهو شاب أمريكى جاء دبلن ليعرض مقدرته الخارقة فى الحساب السريع جدا . كتب هاملتون فيما بعد يقول : « لفترة طويلة بعد ذلك كنت أجد متعة فى القيام بحسابات طويلة فى ذهنى مستخرجا الجذور التربيعية والتكعيبية وكل مايتعلق بخواص الأعداد » . وقرر وليام أن يمضى حياته فى دراسة الرياضيات . وقال فى هذا الصدد : « ليس ثمة مايرقى العقل أو يرفع


HAMILTON

الإنسان فوق زملائه من البشر أكثر من البحوث العلمية . من ذا الذى لا يفضل شهرة أرشميدس على شهرة القائد مارسيلاس الذى انتصر عليه ؟ ... لقد تضافرت العقول الكبيرة فى كافة العصور لبناء معبد العلم الرائع الفخم ؛ ونقش أسمائهم الخالدة عليه ؛ غير أن هذا الهيكل لم يكتمل ومازال بوسع المرء أن يضيف عمودا هنا أو حلية هناك . وأنا لم أكد أصل إلى قاعدة ذلك الهيكل ، غير أنى أتمنى أن أصل يوما إلى قمته . »

ولا نلبث أن نقابل فى مذكراته اليومية عبارات مثل « قرأت كتاب الحياة الذى وضعه نيوتن » و « بدأت فى قراءة الأسس لنيوتن » . وعندما بلغ السادسة عشرة تعرف على كتاب « حركة الأجرام السماوية » للابلاس . (جاء فى مذكراته فى ذلك الوقت : « ظللنا نستيقظ ، أنا وعمى ، لعدة أيام قبل الخامسة صباحا . ماإن تحين الخامسة حتى يجذب عمى خيطا لديه يخترق الحائط وأربطه فى قميصى قبل أن أنام ») . وفى عام ١٨٢٣ التحق هاملتون بكلية ترينتى بدبلن بعد أن سبقته الإشاعات الخاصة بقواه الذهنية الغريبة ناعتة إياه « بهاملتون الأعجوبة » . وفى الكلية كان تقدمه رائعا سواء فى الامتحانات أو فى البحوث الأصيلة . وعندما بلغ الواحد والعشرين من عمره قدم للأكاديمية الملكية الأيرلندية بحثاً بعنوان

« نظرية عن أنظمة الأشعة » تعتبر فى الواقع فتحا لعلم جديد هو البصريات الرياضية .

* * *

كان هدف هاملتون فى هذا البحث أن يعيد بناء هندسة الضوء بإيجاد وسيلة موحدة لحل كل مشاكل ذلك العلم . بدأ من القواعد المعروفة التى تقول بأن شعاع الضوء يسير دائماً فى المسار الذى يستغرق أقل وقت (حسب نظرية الموجات) أو أقل « فعل » (حسب نظرية الكريات) عندما ينتقل من نقطة إلى أخرى . ينطبق هذا القول سواء كان المسار خطاً مستقيما أو منحنى نتيجة الانكسار . وكانت إضافة هاملتون هى اعتبار هذا الفعل (أو ذلك الزمن) كدالة لمواقع النقط التى يسير الضوء بينها ، وتبيان أن هذه الكمية تتغير مع تغير إحداثيات هذه النقط وفق قانون أطلق عليه « قانون الفعل المتغير » . لقد أوضح هاملتون أن جميع البحوث المتعلقة بنظام من الأشعة الضوئية يمكن اختزالها إلى دراسة هذه الدالة الوحيدة . وكان كشف هاملتون لهذه « الدالة المميزة » ، كما سماها ، نصراً رائعاً للعبقرية العلمية . لقد عرضه لأول مرة عندما كان فى السادسة عشرة ووصل به إلى درجة تقرب الكمال وهو فى الواحد والعشرين من عمره .

وكان من نتيجة ذلك البحث أن تغيرت ظروف هاملتون

تغيراً كبيراً ، ذلك أن كرسى الأستاذية فى الفلك ، وكان شاغله يتقاضى مرتبا سنوياً قدره ٢٥٠ جنيهاً ، ويضفى على شاغله لقب الفلكى الملكى لأيرلندا ، قد صار شاغراً عام ١٨٢٦ عندما عين شاغله چون برينكلى الموقر أسقفا لكليون . وهو المركز الذى احتله فى وقت ما الفيلسوف الكبير چورچ بيركلى . وانتخب هاملتون خليفة لبرينكلى بعد بضعة أشهر من تخلى الأخير عن هذا المنصب . وكان انتخاب شاب لم يتخرج بعد لاحتلال كرسى الأستاذية حدثاً غريباً أدى إلى بعض النتائج العجيبة . ولنذكر على سبيل المثال أن حامل لقب الفلكى الملكى يخول له أن يختبر المتقدمين لنيل جائزة القس لو ، وهى جائزة فى الرياضيات يتقدم إليها الخريجون ، وهكذا كان الشاب الذى لم يتخرج بعد يختبر الخريجين فى فروع الرياضيات العليا .

وبينما كان الجميع يقدرون الشرف الذى أسبغ على هاملتون بتعيينه فى هذا الكرسى إلا أن البعض كان يرى من الحكمة أن يرفض هاملتون هذا العرض ، ذلك لأنه كان من المؤكد أنه سينتخب بعد عام أو عامين زميلا فى كلية ترينتى وهو مركز يدر له دخلا أكبر ويفسح أمامه فرصاً أوسع . غير أن الدافع الأساسى الذى دفع هاملتون إلى قبول العرض هو أن كرسى الفلك وظيفة أساسها البحث العلمى بينما مركز الزمالة يتطلب منه صرف جهود

كنسية والقيام فيما بعد بواجبات المعلم والمدرس إلى جانب واجبات أخرى تستغرق معظم وقته .والذى لاشك فيه أن معدات البحث فى المرصد الفلكى كانت فقيرة غاية ما يكون الفقر ، ولكن هاملتون ، والذين انتخبوه ليحتل ذلك المركز ، كانوا يهدفون إلى إيجاد وضع ييسر له أن يستمر فى بحوثه النظرية التى بدأها بكل روعة بذلك البحث عن « أنظمة الأشعة » .

ولقد كان على هاملتون أن يعطى سلسلة من المحاضرات فى علم الفلك ، وكانت عادته أن يناقش فى هذه المحاضرات العلاقة بين الفلك والعلوم الفيزيائية بشكل عام ، وكذلك العلاقة بين الفلك والميتافيزيقا وكافة ميادين الفكر المرتبطة بها . وكانت محاضراته شاعرية ومثقفة بحيث جذبت ، إلى جانب تلاميذه ، عديداً من الأساتذة . وعندما دار الحديث عام ١٨٣١ عن احتمال نقله إلى كرسى الرياضيات ، أصر المجلس على أن يبقى كما هو ورفع مرتبه إلى ٥٨٠ جنيهاً فى العام وسمح له أن يكرس بحوثه فى ميدان الرياضيات.

* * *

وفى عام ١٨٣٢ أعلن هاملتون للأكاديمية الأيرلندية الملكية كشفاً مهما فى ميدان البصريات يعتبر امتداداً لنظريته عن أنظمة الأشعة .كان معلوماً أن بعض البلورات ذات المحورين ، مثل التوباز

والأراجونيت يعطى شعاعين منكسرين ، الأمر الذى يؤدى إلى ازدواج فى الصورة . ولقد وضع أوجستين فرنزل الفرنسى قواعد الانكسار المزدوج . ثم جاء هاملتون وفحص قانون فرنزل فى ضوء طريقته العامة ، واستنتج أنه فى حالات خاصة قد يسقط شعاع واحد على بلورة ذات محورين وتكون النتيجة لا شعاعين فحسب ولكن عدد لانهائى من الأشعة المنكسرة مكونة مخروطاً ضوئياً ، وفى حالات خاصة أخرى يؤدى سقوط شعاع واحد على نفس البلورة إلى تكوين مخروط ضوئى مختلف . وبناء على ذلك اقترح هاملتون ، على أساس نظرى ، قانونين جديدين للضوء أطلق عليهما الانكسار المخروطى الداخلى والانكسار المخروطى الخارجى، وسرعان ما تحقق عالم الفيزياء همفرى لويد فى دبلن وصديق هاملتون من هذين القانونين بشكل عملى .

وفى عام ١٨٣٤ كتب هاملتون ، ولما يبلغ التاسعة والعشرين من عمره ، إلى عمه قائلا : « إننى آمل وأهدف إلى إعادة بناء علم الديناميكا بأكمله ، وبأوسع معانى الكلمة ، على أساس فكرتى عن الدالة المميزة » . وانطلق بعد ذلك ليطبق هذه القاعدة على حركة مجموعة من الأجسام ، وفى العام التالى عبر عن معادلات الحركة بشكل يبين الازدواج القائم بين مركبات كمية الحركة فى المجموعة الديناميكية وإحداثيات موضعها . ولم يدرك علماء الفيزياء والرياضة

أهمية هذا الازدواج إلا بعد أن مر قرن كامل ، وبعد أن نشأت نظرية الـكم .

وفى عام ١٨٣٥ أنعم على هاملتون بلقب فارس ، وبعد عامين انتخب رئيساً للأكاديمية الملكية الأيرلندية . ولـكن حياته الخاصة كانت أقل توفيقا . كان قد شيد لنفسه منزلا عندما عين أستاذا وأقام فيه مع ثلاث من شقيقاته ، على رابية تبعد خمسة أميال من دبلن وإلى جوار مرصد دنسينك . وعندما بلغ السادسة والعشرين من عمره أحب هيلين ماريا بيلى ابنة مدير سابق فى كوتى تيبيريرى . وعندما تقدم لخطبتها رفضت أول الأمر ، ولـكنها قبلته آخر الأمر وتم الزفاف فى اليوم التاسع من أبريل عام ١٨٣٣ . ولقد كتب هاملتون خطابا إلى صديق له يعبر فيه عن « خجل زوجته الشديد ورقتها » ، ذلك الخجل وتلك الرقة اللذان زادا بعد الزواج . ورزق هاملتون بولدين وبنت خلال ست سنوات ، غير أن الزوجة لم تجد لديها القدرة لى مباشرة شئون المنزل وتركت دنسينك لتعيش مع أختها المتزوجة فى إنجلترا . وعادت الزوجة عام ١٨٤٢ ولـكن الأحوال لم تتحسن فى المنزل ، ومنذ ذلك الوقت والعالم الـكبير لا يتناول وجباته فى مواعيدها المحددة ، وبدأ فى تعاطى الخمور لدرجة خطيرة .

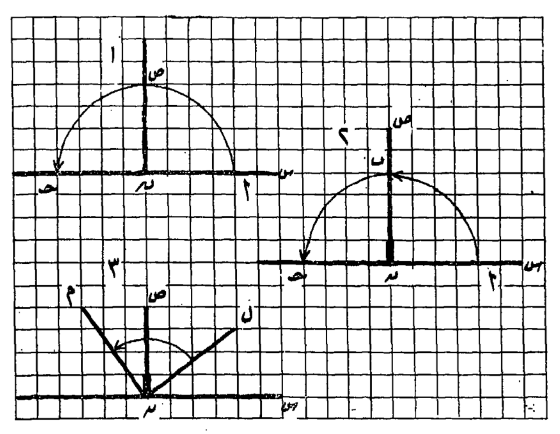
وعندما أوليت شرف احتلال كرسى هاملتون عام ١٩٠٦ ، بعد سنين طويلة من وفاته ، قابلت كثيرين ممن كانوا يعرفونه شخصياً . وتروى كثير من القصص عن حياته فى القرية . وفيما يلى إحدى هذه القصص الطريفة . كان العالم ، الذى تربى فى المدينة ولا يعرف من شئون الفلاحة إلا النذر اليسير ، يشرف على قطعة من الأرض تبلغ ١٧ فداناً إلى جوار مرصد دنسينك ، واشترى بقرة لتدر اللبن لآل منزله . وبعد فترة من الوقت بدأت كمية اللبن تقل ، وهذا امر طبيعى جدا ، غير أن هاملتون ذهب ليستشير أحد جيرانه الفلاحين . وأجاب الفلاح بأن السبب فى ذلك إنما هو تلك الوحدة القاسية التى تحيط بالبقرة . وتساءل هاملتون هل من الممكن أن نوجد لها رفقاء يقضون على هذه الوحدة ، ووافق الفلاح على أن يجعل مواشيه ترعى فى مراعى هاملتون الغنية بعد أن تقاضى من العالم أجراً على ذلك ! .

* * *

وبالرغم من الظروف الصعبة التى كان يحيا فيها هاملتون ، فإن نشاطه العلمى لم يتوقف . وفى عام ١٨٤٣ توصل إلى كشف عظيم ، هو حساب الرباعيات .

توصل إلى هذا الكشف بعد تفكير طويل فى مشكلة العثور

على قاعدة عامة لحساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة خطوط مستقيمة عند معرفة اتجاهات هذه الخطوط . هذه المستقيمات ذات الطول المحدد والاتجاه المحدد تعرف بالمتجهات . ومن المعلوم أن أى متجه فى مستوى معين يمكن تمثيله بعدد مركب أى بعدد يتكون من عددين واحـــد منهمـا حقيق والآخر تخيلى أو سه + $\sqrt{-1}$ صه (ومن المعتاد أن يعبر عن جذر — ١ ، وهو عدد تخيلى ، بالحرف ى بحيث يصبح العـــدد السابق سه + ى صه) . وإذا عبرنا عن الأعداد الحقيقية بمسافات تؤخذ على المحور السينى لرسم بيانى ، فإن ضرب أى عدد منها فى — ١ ، الشىء الذى يؤدى إلى تحويله إلى نفس العدد ولكن بإشارة سالبة ، يمكن اعتباره بمثابة دوران هذا الخط خلال زاوية قدرها ١٨٠ درجة ؛ هذا بينما يعتبر ضرب العدد فى ى أو جذر — ١ يعتبر بمثابة دوران الخط خلال زاوية قدرها ٩٠ درجة (انظر الرسم ص ١٢٨) . وعلى ذلك فإن الأعداد التخيلية تمثل على المحور الصادى ، ويمكن اعتبار ى تمثل وحدة على هذا المحور ، أو «وحدة المتجه» . إن أى متجه يمكن ، إذن ، أن يعبر عنه بعدد مركب يمكن تحليله إلى خط على المحور السينى وآخر على المحور الصادى . مثل هذا المزدوج ، الذى يتكون من عددين ، تنطبق عليه قوانين الجبر التى تنطبق على العدد الواحد : فمن الممكن جمع المزدوجات

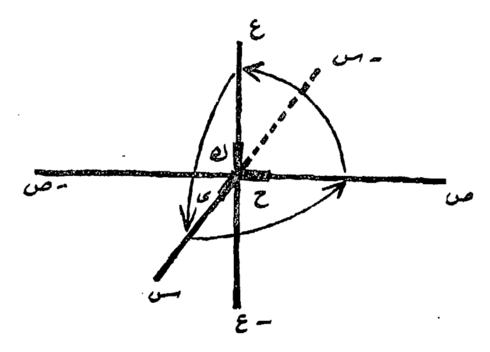


يستخدم العدد المركب ، الذى يتكون من عدد حقيق وآخر خيالى هو جذر ــ ١ ، لوصف طول واتجاه مستقيم معين . وعندما تجمع الأعداد المركبة أو تطرح أو تضرب تكون العملية بمثابة عملية هندسية مثل الدوران . فى الشكل رقم (١) يضرب المستقيم ن أ الذى يمثل العدد + ٤ فى الكمية ــ ١ فيتحول الى المستقيم ن حـ أو ــ ٤ . هذا الضرب فى ــ ١ يساوى عملية دوران خلال ١٨٠ درجة . وفى الشكل رقم (٢) تتم عملية الضرب على مرحلتين أى يضرب أولا فى √ــ ١ ثم مرة أخرى فى √ــ ١ (يكتب جذر ــ ١ عادة ى) . وعلى ذلك يمكن اعتبار الضرب فى الكمية ى بمثابة دوران خلال ٩٠ درجة . يؤدى ذلك الى ظهور فكرة قياس المسافات التخيلية على المحور الصادى وذلك بجعل ى « وحدة المتجه » على ذلك المحور . ويوضح الشكل رقم (٣) أن الضرب فى ى بعد بمثابة دوران ٩٠ درجة حتى ولو كانت نقطة البدء لا تقع على المحور السينى ، فالمستقيم من نقطة ن (س = صفر ، ص = صفر) إلى نقطة ل (س = ٤ ، ص = ٣) يمكن تمثيله باستخدام الأعداد المركبة على النحو التالى ٤ + ٣ ى . فاذا ضربنا هذا العدد فى ى فاننا سنحصل على ٤ ى + ٣ ى٢ أو ٣ ــ ٤ ى . وهذا العدد الأخير يمثل المستقيم ن م (س = ٣ ، ص = ٤) ، أو دوران المستقيم ن ل بمقدار ٩٠ درجة .

وطرحها وضربها وقسمتها حسب القواعد العامة . كما يمكن حساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة متجهات فى مستوى واحد على أساس المعادلة : $م_١ : م_٢ = م_٣ : س$.

ولقد استنتج هاملتون أنه يمكن التعبير عن المتجه فى الفراغ ذى الثلاثة أبعاد باستخدام ثلاثة أعداد ، أو بثلاثية ، تماما مثل التعبير عن المتجه على سطح بعددين أو بمزدوج . وفكر فى الحصول على الحد الرابع المتناسب باستخدام طريقة ضرب الثلاثيات غير أنه قابل كثيراً من المصاعب . ولقد شاركه أطفاله الآمال والقلق يوما بعد يوم ، وكثيرا ما كان يسأله وليم إدوين (وعمره تسعة أعوام) أو أرشيبالد هنرى (وعمره ثمانية) ، وهم يتناولون طعام الإفطار : « حسنا يا والدى ، هل تستطيع الآن ضرب الثلاثيات ؟ » ، فكان الأب يهز رأسه فى أسى ويجيب : « كلا ، ليس فى ميسورى سوى أن أجمعها أو أطرحها » .

وفى يوم من الأيام ، بينما كان هاملتون يسير من دنسينك إلى دبلن ، لمعت فى ذهنه فجأة فكرة كفيلة بحل مشكلته : إن العمليات الهندسية فى الفراغات ذات الثلاثة أبعاد تتطلب لوصفها رباعيات لا ثلاثيات . لكى يحدد المرء العملية اللازمة لتحويل متجه إلى آخر فى الفراغ ، ينبغى معرفة أربعة أعداد : (١) النسبة بين طولى



يستخدم الجبر غير التبادلى لتمثيل العمليات الهندسية فى ثلاثة أبعاد . يمثل المتجه فى ثلاثة أبعاد فى نظام من الإحداثيات بثلاثة محاور متعامدة على بعضها البعض (محور س يتجه إلى القارىء ، ومحورى ص ، ع على مستوى الورقة) باستخدام ثلاثة متجهات كل منها وحدة ى ، ح ، ك . ويعنى الضرب فى ى دوران ٩٠ درجة فى المستوى المتعامد على متجه ى أى مستوى ص ، ع . وكذلك الضرب فى ح أو ك يعطى نفس المعنى كما تشير الأسهم . والآن يمكن أن ترى أن ضرب ى × ح يؤدى إلى دوران ح الى ك . ومن الناحية الأقرب فان ضرب ح × ى سيؤدى إلى دوران ى الى ـ ك بحيث أن ى × ح = ك ولكن ح × ى = ـ ك . أى أن عملية الضرب ليست تبادلية : ى × ح لا يساوى ح × ى .

المتجهين ، (٢) الزاوية بينهما ، (٣) العقدة ، وأخيرا (٤) ميل كل منهما على الآخر .

وأطلق هاملتون على هذه الأعداد الأربعة اسم الرباعية ، ووجد أن فى ميسوره أن يضرب الرباعيات كما لو كانت أعدادا مفردة . غير أنه كشف عن أن قواعد الجبر التى تنطبق على الرباعيات تختلف عن قواعد الجبر العادية فى نقطة حاسمة هى أنها غير تبادلية . وهذه الكلمة تتطلب بعض التفسير . عندما نضرب ٢ × ٣ فإن الناتج يماثل الناتج الذى نحصل عليه إذا ضربنا ٣ × ٢ . إن قانون الضرب التبادلى ، كما يسمى ، يمكن تضمينه فى المعادلة الجبرية الآتية : ا ب = ب ا . وهذا القانون ينطبق على الأعداد التخيلية بقدر ما ينطبق على الأعداد الحقيقية . غير أنه لا ينطبق على الرباعيات ، لأن هذه الرباعيات تصف عمليات هندسية مثل الدوران . ويبين الرسم (فى صفحة ١٣٠) سبب ذلك . إنه يمثل ثلاثة محاور متعامدة ، يقع المحوران الصادى والعينى منها على مستوى الورقة ، بينما يتجه المحور السينى نحو القارىء . أما ى ، ح ، ك فتمثل وحدة المتجه على المحاور السينى والصادى والعينى على التوالى . ويعنى الضرب فى ى حدوث عملية الدوران ضد عقرب الساعة وعلى سطح الورقة خلال ٩٠ درجة . أما الضرب فى ح أو فى ك فيعنى حدوث عمليات دوران فى مستوى متعامد على سطح الورقة . والآن ، فإن ضرب

ح × ى يؤدى إلى دوران ح حتى تصل إلى ل، بمعنى أن ى ح = ل .
أما ضرب ى × ح فيؤدى إلى دوران ى حتى تصل إلى - ل ،
أى أن ح ى = - ل ومن ثم فإن ى ح لا تساوى ح ى .

* * *

وكان انكسار القانون التبادلى خروجاً كبيراً على التقاليد ، بل كان بمثابة بدء عهد جديد . وسرعان ما سرى نبأ هذا الكشف بسرعة كبيرة وأدى إلى انبعاث موجة من الاهتمام فى دبلن بين الكثيرين من ذوى المراكز الرفيعة ، تماثل الموجة التى ظهرت فى لندن بعد ذلك عندما كشف أينشتين نظرية النسبية العامة ، وعندما دعى اللورد هالدين أينشتين لمقابلة أسقف كانتربرى الكبير على الغذاء . وكثيراً ما كان هاملتون يقابل الأرستقراطيين الإنجليز أو الأيرلنديين فى الشارع فيستوقفونه قائلين : « بحق الشيطان ، ما هذه الرباعيات ؟ » ولكى يرضيهم هاملتون نشر كتابه الطريف « خطاب إلى سيدة » ، فسر فيه هذه الكلمة بقوله « إنها توجد ، مثلا ، فى الإنجيل ، عندما أوكل هيرود إلى بطرس الرسول مهمة قيادة أربع رباعيات من الجنود . . . وإذا أخذنا مثلا آخر أقرب إلينا وأكثر طرافة ، فإن الكلمة وردت فى قصة سكوت « جاى ما ترنج » ، حيث قال سكوت إن السير روبرت هازلوود يحشو

عباراته الطويلة « بالثلاثيات والرباعيات » .

ومنذ ذلك الوقت حتى مات ، بعد اثنين وعشرين عاماً ، عمل هاملتون على تطوير هذا الحساب الجديد . وكان الحزن والوحدة يخيمان عليه خلال الجزء الأغلب من هذه السنين، فكثيراً ما كانت زوجته تمرض أو تغيب عنه . وكان يعمل طوال النهار فى قاعة الغذاء الموجودة بالمرصد ، حيث يحمل إليه الطاهى من وقت إلى آخر شريحة من لحم الضأن . (وبعد أن مات وجدت بين أوراقه صحون بها عظام من قطع الضأن التى كان يأكلها) .

وسرعان ماتبع كشف هاملتون كشوف أخرى جديدة فى الجبر مثل نظرية المصفوفات ، وهى كذلك غير تبادلية إنه وضع اللبنات الأولى لمدرسة رائعة فى الرياضيات ، بالرغم من أن هذه المدرسة لم تزهر وتؤت ثمارها إلا بعد نصف قرن من الزمان . أذكر أننى كنت أناقش ألفريد نورث هوايتهد عام ١٩٠٠ عن مستقبل الرباعيات ، وقواعد الجبر غير التبادلية الأخرى ، فى مجال علم الفيزياء ، وكان رأى هوايتهد أن علم الفيزياء يمكن معالجته الآن بقواعد الجبر العادية ، غير أنه من المحتمل أن تتفتح آفاق جديدة فى علم الفيزياء لاتنطبق فيها إلا قواعد الجبر غير التبادلية . وفى نفس ذلك العام بدأت هذه النبوءة تدخل دور التحقيق ، ذلك أن ماكس پلانك استخدم الـكمة ه عندما بدأ فى وضع نظرية الـكمات . ومن

المعلوم الآن أن ه هى كمة الفعل ، وأن الفعل كان التصور الرئيسى فى نظام الديناميكا الذى وضعه هاملتون . وهكذا بدأت تبرز أفكار هاملتون عن الديناميكا ، وإن كان ذلك حدث ببطء كبير . وعندما نشرت كتابى « الديناميكا التحليلية » عام ١٩٠٤ وجه إلى نقد قاس لأنى كرست جزءاً كبيراً منه فى معالجة موضوعات مثل ازدواج عزوم الإحداثيات ، وكمية الحركة ، وغير ذلك من الأفكار التى قدمها هاملتون . وكان النقاد يعتبرون أنها أقرب ماتكون إلى التلاعب الرياضى .

واستمر العمل الجاد بالرغم من كل شىء . وأدى كشف نظرية النسبية الخاصة إلى بروز فكرة الرباعيات ، ذلك أن آرثر كيلى بجامعة كامبريدج كان قد أوضح منذ عام ١٨٥٤ أن الرباعيات يمكن استخدامها لتمثيل عمليات الدوران فى الفراغ ذى الأربعة الأبعاد ، وعبرت نتائجه بشكل جميل عن تحويل لورنز العام . وجاءت الكشوف الجديدة فأكدت مرة أخرى أهمية كمية الحركة التى تظل محتفظة بشكلها فى مختلف الأنظمة التى تتخذ أساساً ، ومن ثم فإنها أكدت دور كمية الحركة الكبير فى الفيزياء النسبية .

وفى نفس الوقت بدأ العاملون فى نظرية الكمات يدركون أن مفاهيم هاملتون الديناميكية يجب أن تكون أساس كافة قواعد

تقدير الكمات . وفى عام ١٩٢٥ أدخل ورنر هيزنبرج وماكس بلانك وباسكال جوردان الجانب الآخر من أعمال هاملتون ـ الجبر غير التبادلى ـ فى نظرية الكمات ، وذلك بأن بينوا أن معادلات هاملتون فى الديناميكا تنطبق فى هذه النظرية بشرط أن توضع الرموز التى تمثل الإحداثيات والعزوم فى الديناميكا الكلاسيكية كمؤثرات لا تنطبق قاعدة التبادل على مضروباتها .

* * *

وكان الزمن يقف إلى جانب آراء هاملتون عن الازدواج بين الإحداثيات المعممة وكمية الحركة المعممة . اتضح ذلك بكل جلاء عام ١٩٢٧ عندما كشفت قاعدة عدم التحديد لهيزنبرج . وتنص هذه القاعدة على أنه كلما حددنا إحداثيات أحد الجسيمات بدرجة أكبر من الدقة ، توصلنا إلى معرفة كمية حركته بدقة أقل ، والعكس من ذلك . وحاصل ضرب هاتين الدرجتين من عدم التحديد يدور حول ثابت بلانك ه .

وكان المشتغلون فى ميدان ميكانيكا الكمات يميلون إلى اعتبار أن نوع الجبر غير التبادلى الذى يتلاءم لأكبر درجة مع مشاكلهم هو المصفوفات أكثر مما هو الرباعيات . ولكن معادلات هاملتون الأصلية ظلت تثمر يوما بعد يوم . وما « مصفوفات اللف » التى

توصل إليها ولفجانج باولى ، والتى تعتمد عليها نظرية ميكانيكا الكمات عن الدورانات وكمية الحركة الزاوية ، إلا وحدات هاملتون الرباعية الثلاث ى ، ح ، ك . ولقد أوضح آرثر كونواى أن وسائل الرباعيات يمكن أن تستخدم عند مناقشة معادلة ب . ا . م . ديراك الخاصة بمقدار اللف فى الإلكترون ولعل معادلة هاملتون التى صاغها عام ١٨٤٣ تثبت أنها التعبير الطبيعى لعلم الفيزياء الحديث.



چ . ف . فيتزجيرالد

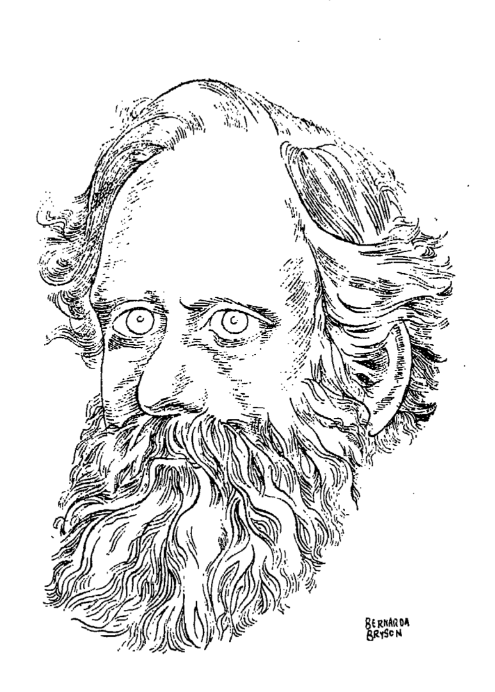
بقلم : السير إدموند ويتاكر

في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر ، وأنا شاب صغير ، كنت أعمل كأحد سكرتيرى قسم الرياضة والفيزياء فى الجمعية البريطانية لتطور العلوم وهناك عرفت واحدا من العلماء الذين يحضرون الاجتماعات السنوية للجمعية بانتظام وأحد المتكلمين البارزين فى هذه الاجتماعات ، ذلك هو چورچ فرانسيس فيتزچيرالد عالم الڤيزياء البارز .

وبينما كنت أعرف جيداً علماء الرياضة والفيزياء من كامبريدچ وأكسفورد، إذ كنت أعيش بينهم ، لم أكن أقابل العلماء الأيرلنديين إلا فى اجتماعات الجمعية البريطانية . (ولعله يجدر بنا أن نذكر فى هذا المجال ، ونحن نعجب ، أن عددا كبيرا من علماء الرياضة والڤيزياء فى القرن التاسع عشر كان من أصل إنجليزى أيرلندى ؛ فهناك وليام رووان هاملتون وهمفرى لويد وجورج جابريل ستوكس ولورد كاڤن وچورچ سالمون وچوزيف لارمور وفيتزچيرالد .) كان فيتزچيرالد يثير إعجابى ، وكان وجهه يدعو

إلى الالتفات بلحيته المسترسلة وعينيه الثاقبتين وبهاء طلعته. وكانت خصل شعره الرمادية تضفى عليه جزءاً من الوقار بالرغم من أنه لم يكن قد تعدى الخمسين عندما مات عام ١٩٠١ . يقول أحد زملائه من غير المشتغلين بالعلم « إنه يذكرنى بمظهر الفلاسفة الإغريق الذين لا تملك إلا أن تشعر إزاءهم بالاحترام العميق المنبعث من الإحساس بذكائهم وشخصيتهم . »

كان أبوه هو السيد المحترم وليام فيتزچيرالد قسيس كورك وأكثر القساوسة بروزا فى الكنيسة وكانت أمه أخت چورچ جونستون ستونى أحد علماء الرياضة والفيزياء الذى يرجع إليه الفضل فى صك كلمة « الإلكترون » . وتعلم فيتزچيرالد الصغير فى المنزل . ولعله مما يدعو إلى العجب أن نلاحظ أن الكثيرين من الأطفال الذين تعلموا فى منازلهم بإشراف مدرس خاص قد نبغوا فيما بعد . وأبرز مثل حى على ذلك هو برتراند رسل. أما السبب فى ذلك فلست أنوى بحثه . ولعل المتشائم يقول إن تعليم المدارس يضع جميع التلاميذ فى المرتبة الثانية وإن الضرر لا يلحق بأغلب التلاميذ إذ هم ، على أية حال ، لن يتجاوزوا المرتبة الثانية . ولا شك أن الحظ حالف فتيزچيرالد عند اختيار مدرسه الخاص إذ لم يكن هذا المدرس سوى أخت چورچ بول خالق المنطق الرمزى .


BERNARDA
BRYSON

وما إن بلغ فيتزچيرالد السادسة عشرة من عمره حتى التحق بجامعة دبلن حيث حصل ، عام ١٨٧١ ، على درجة ممتازة فى الرياضيات والعلوم التجريبية . وفى تلك الأيام لم تكن هناك درجة دكتوراه ، وكانت الخطوة التالية لمن يرغب فى متابعة دراسته أن يعمل حتى يحصل على لقب الزمالة . وكان مفروضا على الطالب فى دبلن ، لكى يحصل على هذا اللقب ، أن يدرس بعمق كل أعمال الفرنسيين العظام چوزيف لاجرانج وپيير لاپلاس وسيمون پويسون وجين فورييه ، هذا إلى جانب أعمال عمالقة دبلن فى ميدان الفيزياء الرياضية هاملتون وچيمس ماككولا . وانغمس فيتزچيرالد بعمق فى هذه الدراسات ، وجذبته كذلك الكتابات الميتافيزيقية للفيلسوف الأيرلندى چورچ بيركلى . وفى عام ١٨٧٧ حصل على لقب الزمالة ، وفى عام ١٨٨١ انتخب استاذا للفلسفة الطبيعية والتجريبية فى جامعة دبلن .

* * *

وحتى ذلك الوقت لم تكن ثمة دراسة للفيزياء التطبيقية فى دبلن . وكان أول معمل للفيزياء يدرس فيه الطلبة العاديون التجارب العملية ، حسب ما أعلم ، فى جامعة أدنبرة ، وفتحه الأستاذ ب . ج . تيت عام ١٨٦٨ . هذا بالرغم من أن وليام تومسون

(الذى عرف فيما بعد باسم لورد كلفن) ظل ، لعدة سنوات ، يستخدم أبرز تلاميذه كمساعدين له فى بحوثه . ولم يتقرر عمل كرسى أستاذية كافنديش فى كامبريدج إلا عام ١٨٧١ . وما إن عين فيتزچيرالد أستاذا فى دبلن حتى أقنع مجلس كلية ترينتى بإعطائه معملا كيميائيا غير مستعمل ، وفى هـذا المعمل بدأ إعطاء الدروس فى الفيزياء التجريبية .

غير أن فيتزچيرالد كان عالماً نظرياً فى المقام الأول ، وأولى اهتمامه فعلا إلى الأمور النظرية . لقد أهتم بمشكلة الأثير ، وقبل رأى نيوتن الشهير : « إننى أعتقد أن افتراض احتمال تأثير جسم فى آخر يبعد عنه مسافة دون أن يكون بينهما وسط ما ، بل مجرد الفراغ . . . أمر مضحك وغير مقبول بحيث لا يمكن أن يخطر على بال شخص لديه ملكة التفكير المتزن فى الأمور الفلسفية . » كان فيتزچيرالد ، مثل ديكارت ، مقتنعا بأن الفضاء ، وحتى الفضاء بين الكواكب ، يحتله وسط يمكنه أن ينقل القوى ويؤثر على الأجسام المادية المغمورة فيه ، بالرغم من أن حواسنا لاتستطيع أن تحس بوجود ذلك الوسط . ولا بد أن يكون لهذا الوسط ، الأثير ، خصائص ميكانيكية . ولكن ، هل هى خصائص المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية ؟

كان ديكارت يرى أن هذا الأثير يتكون من جسيمات صغيرة

جـدا فى حالة حركة مستمرة بحيث تضغط الواحدة منها على الأخرى أو تصطدم بها . وفى القرن التالى جاء العالم الفرنسى السويسرى چورچ لويس لوساچ ليقول إن هذا الوسط يتـكون من عدد لا نهائى من كريات تتحرك بسرعة كبيرة . وهذه الـكريات صغيرة جدا لدرجة أن واحدة فقط من كل مائة تقابل أخرى خـلال فترة تصل إلى ملايين السنين . والأثير ، بهذا الشكـل ، يماثل ، لحد أوآخر ، صورة الغاز كما تقدمها نظرية حركة الغازات .

والواقع أن الفلاسفة الطبيعيين فى القرنين السابع عشر والثامن عشر كانوا يتجهون إلى اعتبار الأثير نوعا من الغاز يتخلل كافة الأجسام ويملأ الفضاء بين الـكواكب ، وكانوا يشبهون انتشار الضوء فى الأثير بانتشار الصوت فى الغاز . غير أن هذه النظرية جابهت فى أوائل القرن التاسع عشر اعتراضا يستحيل تخطيه ، ذلك أن توماس يونج اكتشف عام ١٨١٧ أن ذبذبات الضوء تـكون متعامدة على اتجاه الانتشار، بينما ذبذبات الصوت تقع فى اتجاه انتشاره.وهكذا تصدع التشبيه بين الصوت والضوء فى خاصة أساسية .

وكان لا بد من تعديل المفهوم الخاص بالأثير . وهنا جاء أوجستين فرنزل عام ١٨٢١ ليقترح أن الأثير لا يسلك سلوك الغاز ولـكنه يسلك سلوك الجسم الصلب المرن ،وفسر الذبذبات المستعرضة بأنها ناجمة عن مقاومة الأثير لمحاولة تغيير شكله .

وكانت الظواهر التى أخذت مرتبطة بالأثير هى الجاذبية والضوء. غير أن هناك آثارا فزيائية أخرى يمكن أن تنتقل خلال ما يسمى بالفراغ أو الأثير مثل الكهربية والمغناطيسية. ومنذ عام ١٨٠٠ قال يونج: «لعل التجارب تبين لنا فى المستقبل إذا كان الأثير الكهربى هو نفس الأثير الضوئى، هذا إذا كان لمثل هذا السائل وجود على الإطلاق». وكتب ميشيل فاراداى بعد ذلك بخمسين عاما: «من الجائز أن يكون للأثير، إذا كان موجودا، فوائد أخرى أكثر من مجرد نقل الإشعاعات». عندما تؤخذ الآثار الكهربية فى الاعتبار، يبدو أن أفضل نوع من الأثير هو الأثير السائل. ولقد أوضح اللورد كالفن أن خواص القضيب المغناطيسى تماثل خواص أنبوبة مستقيمة مغمورة فى سائل بحيث يدخل السائل من أحد طرفيها ويخرج من الطرف الآخر. فإذا اقترب الطرفان المماثلان لأنبوبتين من هذا النوع فإنهما يتجاذبان، وإذا اقترب الطرفان المختلفان فإنهما يتنافران. وعلى هذا فإن القوى فى هذه الأنابيب تختلف فى اتجاهها عن قضبان المغناطيس، غير أن قوانين الأثر المتبادل، فيما عدا ذلك، تنطبق فى حالة هذه الأنابيب كما تنطبق فى حالة قضبان المغناطيس.

* * *

وعندما انبرى فيتزچيرالد ليعالج مشكلة الأثير لم يغرق فى المادية الفجة التى تتميز بها كل هذه النظريات . كان يرى أنه ليس من الضرورى أن يصف ذلك الوسط بعبارات تنطبق على أنواع المادة المعروفة . والواقع أنه منذ عام ١٨٧٨ أشار إلى أنه إذا كانت نظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية « تدفعنا إلى تحرير أنفسنا من ربقة الأثير المادى ، فإنها قد تؤدى بنا إلى نتائج فى غاية الأهمية متعلقة بالتفسير النظرى للطبيعة » .

وكان يحرك فيتزچيرالد فى بحثه دافعان : الأول اقتناعه بأن أثيراً واحداً يكفى لتفسير كافة الظواهر الفيزيائية ، والثانى إيمان عميق بنظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية عن الضوء . كان ماكسويل قد نشر نظريته فى الفترة بين عامى ١٨٦١ ، ١٨٦٤ ، غير أنها لم تلق القبول العام لأكثر من عشرين عاما . كان فيتزچيرالد من أقوى المؤمنين بها والمدافعين عنها ، وكان يدرك أن الأثير لابد أن يتصف بصفات السائل إلى جانب صفات الجسم الصلب ، ونجح فعلا فى تقديم صورة تتضمن هذين المطلبين المتعارضين فى الظاهر .

كانت نقطة البدء عنده هى نظرية المادة التى قدمها لورد كلفن . لقد أشار اللورد كلفن إلى أنه يمكن تشبيه الفعل المتبادل بين الذرات

بسلوك حلقات الدخان التى تقترب الواحدة من إلى الأخرى ثم تعود فترتد عنها ، وكان يرى أن الكثير من صفات الذرات يمكن تفسيره على أساس افتراض أن الذرات تتكون من حلقات زوبعية فى سائل يتصف بالكمال . كان يؤمن بفكرة « الإسفنجة الزوبعية » ، وهى كتلة من السائل تختلط فيها أجزاء دوارة وأخرى غير دوارة .

رأى فيتزچيرالد أن فكرة الإسفنجة الزوبعية يمكن أن تحل المشكلة التى تجابهه ، ذلك أن الخيوط الزوبعية الموجودة فى سائل يتصف بالكمال تعبر عن نوع من الحركة تظل فيه محتفظة بذاتيتها مهما حدث من تغيرات ، هذا إلى جانب أنها تضفى على السائل شكلا أو آخر من أشكال التماسك . إنها تقوم بدور قضبان الصلب التى يصب فوقها المسلح المقوى ؛ فالسائل يظل سائلا غير أن أجزاءً منه تقاوم التشكيل . إنه يظل سائلا من حيث تركيبه الدقيق ، ولكنه يكتسب بعض صفات الجسم الصلب من حيث تركيبه العام .

* * *

وكان من الضرورى بعد ذلك التوفيق بين المتجهات الكهربية والمغناطيسية فى نظرية ماكسويل وصفات الإسفنجة الزوبعية . ولقد فعل فيتزچيرالد ذلك بأن قال إنه ما دامت الزوبعية فى السائل الذى يتصف بالكمال لا يمكن خلقها أو القضاء عليها ، فإن المجال

الكهربى إنما هو تعديل فى نظام أستقطاب حركة الزوبعة . ومن الممكن أن تنثنى الخيوط الزوبعية الطويلة بشكل حلزونى حول محور متوازٍ مع اتجاه معين . وعندما تنثنى الخيوط بشكل حلزونى فإن طاقة السائل تزداد بالمقارنة بطاقته إذا كانت الخيوط مستقيمة ، ويمكن قياس تلك الزيادة فى الطاقة بمتجه موازٍ لاتجاه الخيوط . وإن وجود خيط حلزونى واحد فى السائل يؤدى إلى انثناء الخيوط المستقيمة المتوازية المحيطة به ، ومن هذا الأثر يمكن بناء أنموذج من نماذج القوة المغناطيسية . وانتقل فيتزجيرالد بعد ذلك إلى دراسة ديناميكيات الإسفنجة الزوبعية ، وبين أن كثافة الطاقة هى مجموع مربعى كميتين يمكن التعبير عنهما بالكثافة الكهربية والكثافة المغناطيسية . وعلينا أن نلاحظ ان الظواهر الكهربية المغناطيسية فى هذا الأثير إحصائية فى طبيعتها إذ هى تعتمد على التركيب العام له .

ولقد كتب فيتزجيرالد كثيراً من المذكرات التى طور فيها نظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية ، كان هو الذى قدم ما يعرف بمعادلات ماكسويل - لورنز التى تربط بين المتجهات الكهربية والمغناطيسية ومواضع وحركات الشحنات . وكان هو الذى طبق نظرية ماكسويل على دوران مستوى استقطاب الضوء عن طريق عكسه بوساطة مغناطيس ، وعلى مشاكل مثل المجالات الكهربية

والمغناطيسية الناجمة عن الشحنة المتحركة ، ومشكلة الدوران المغناطيسى للضوء الذى كشفه فاراداى وعلاقته بأثر زيمان . وأثر كير ، وتوليد الطاقة المشعة بوساطة تيار كهربى صغير بحيث تتغير شدة التيار وفق قانون دورى بسيط . وكانت المتذبذبات الكهربية التى اقترحها قريبة الشبه من تلك التى استخدمها هينريش هيرتز بعد ذلك بعدة سنين فى تجربته التاريخية التى أثبت بها وجود الموجات الكهربية (الهرترية) .

غير أنه من المؤكد أن اسم فيتزچيرالد سيظل دائماً مرتبطاً بكشفه عن « تقلص فيتزچيرالد » ، وهو افتراض قدمه لتفسير نتيجة غريبة جـــدا توصل إليها عالما الفيزياء الأمريكيان آ . أ . ميكلسون و إ . و . مورلى وهما يحاولان قياس سرعة الأرض بالنسبة للأثير . لقد استخدما مدخالا ـ وهو جهاز لقياس الحيز الطيفى ـ لمقارنة الزمن الذى يستغرقه الضوء ليقطع مسافة معينة فى اتجاه حركة الأرض وفى الاتجاه المتعامد على اتجاه حركة الأرض . كان من المنتظر أن يختلف الطول الضوئى فى الحالتين ، غير أن العالمين لم يلاحظا أى فرق على الإطلاق . ولقد أدت تلك النتيجة إلى ظهور الرأى القائل بأن الأرض فى سيرها تحمل معها الأثير ، غير أنه من الصعب بمكان التوفيق بين هذا الافتراض ونظرية الزيغ الفلكى وغيرها من الحقائق المعلومة . وبينما كان

فيتزچيرالد يتناقش مع أوليفر لودج فى مكتب لودج بليفربول حول هذه المشكلة إذا هو يقول فجأة إن المشكلة يمكن أن تحل إذا ما افترضنا أن الجهاز قد تقلص بشكل آلى فى اتجاه حركة الأرض . وتتبع فيتزچيرالد هذه الفكرة ووجد أن هذا التقلص يجب أن يحسب على أساس النسبة بين $\sqrt{1-\frac{س^{2}}{ص^{2}}}$ والواحد الصحيح حيث س سرعة الأرض بالنسبة للأثير ، ص سرعة الضوء .

ولقد أشار عالم الرياضة الأيرلندى چوزيف لارمور بعد ذلك بوقت قصير إلى أن الساعات والقضبان لا بد أن تتأثر بالحركة . وإذا أردنا أن نعبر عن الأمر بشكل تقريبى فإننا نقول إن الساعة التى تتحرك بسرعة س ستبطىء فى سيرها بنفس النسبة التى يتقلص بها قضيب متحرك بنفس السرعة . ولقد تحقق كلام لارمور حديثا بشكل تجريبى رائع عند ملاحظة معدل تحلل الميزونات ، وهى الجسيمات التى تنتج فى الأشعة الكونية ، فحسب نظرية لارمور يبدو معدل تحلل الميزون ، بالنسبة لمشاهد يتخذ وضعاً ثابتاً ، أكثر بطأ كلما ازدادت سرعة حركة الميزون . ولقد وجد عام ١٩٤١ أن هذه هى الحالة فعلا .

* * *

وكان اكتشاف أن طول القضيب أو سير الساعة ليست خواص مطلقة للقضيب أو الساعة ، وإنما هى خواص تعتمد على حركة كل منهما ، كان هذا الكشف أساس تفسير فشل كل التجارب التى أجريت بهدف تحديد سرعة الأرض بالنسبة للأثير .

ولقد أدى هذا الكشف إلى وضع نظرية النسبية الحديثة التى يمكن أن يقال إنها بدأت بكشف « تقلص فيتزجيرالد » الذى توصل إليه عام ١٨٩٢ . ومما يؤسف له أن فيتزجيرالد مات فى عام ١٩٠١ فلم يتيسر له أن يشهد الثورة التى بدأها فى فلسفة علم الفيزياء .



القسم الثالث

ما هي النار؟

١ — بريستلى

بقلم ميتشيل ويلسون

ميتشيل ويلسون روائى وعالم فى الفيزياء ،وكان فى وقت ما باحثا فى الصناعة . وقد أوجد لنفسه اسما كأحد الكتاب « المحليين » القلائل فى مجالات العلوم والتكنولوچيا . ولد فى مدينة نيويورك عام ١٩١٣ ، وجذبته الآداب والعلوم على حد سواء عندما كان يدرس بجامعتى نيويورك وكولومبيا . ومال الميزان فى بعض الأحيان إلى جانب العلوم بفضل أحد أساتذة الفيزياء . وقد تخرج ويلسون فعلا على يد ا . ا . رابى واشتغل مساعدا لأنريكو فيرمى فى بحوثه عن الميزونات . وفى عام ١٩٤٠ التحق بهيئة بحوث شركة الكربون الكولومبية ، وأجرى بحوثا على الأفلام الرقيقة والتسخين بالذبذبات العالية . وحاول طوال هذا الوقت أن يصبح كاتبا ، وباع قصته الأولى لدار كوزموبوليتان عام ١٩٣٩ . ثم كتب عدة روايات من النوع الذى يغلب عليه طابع الغموض . وفى عام ١٩٤٤ كان عليه أن يختار أحد الطريقين : البحث العلمى أو الكتابة . وكان أول انتاجه فى الطريق الأخير « عش مع البرق » وهى رواية حصلت على تأييد النقاد باعتبارها القصة التى تروى كيف يصبح المرء عالما فيزيائيا فى العصر الحالى .

٢ – لافوازييه

بقلم دنيس دوفين

دنيس دوفين هو رئيس شركة للصابون، وهو كيميائى، ولد فى لندن عام ١٩١٠، وتخرج فى جامعة أكسفورد عام ١٩٢٩، وأجرى بحوثا فى الكيمياء العضوية بالكوليج دى فرانس. وجاء الى الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ بعد أن كان يعمل مساعدا فنيا لمدير أحد مصانع المفرقعات التى تديرها وزارة التموين البريطانية. شغف بدراسة تاريخ الكيمياء، وتوجد الآن بجامعة ويسكونسن مجموعة من البحوث الكيميائية القديمة وكيمياء تحويل المعادن إلى ذهب، جمعها دوفين، ولعلها أكبر مجموعة من المطبوعات والمخطوطات التى تعرض أعمال لافوازييه وبحوثه. وقد اشترك أخيراً مع آخرين فى نشر مجموعة كاملة لكتابات عالم الكيمياء العظيم. أما هوايته غير العلمية فهى صيد السمك الكبير.

بريستلي

بقلم : ميتشيل ويلسون

في صباح الاثنين ٩ يونيه عام ١٧٩٤ كتبت جريدة «أمريكان ديلي أدفرتايزر» التي تصدر في فيلادلفيا تحيي وصول أحد المهاجرين من إنجلترا ، فقالت «إنه لمما يبعث الرضا والارتياح في نفوس الذين يدافعون عن حقوق الإنسان ، أن تصبح الولايات المتحدة الأمريكية ، أرض الحرية والاستقلال ، ملجأ للشخصيات العظيمة في هذا العصر ، أولئك الذين اضطهدتهم أوروبا ، لمجرد دفاعهم عن حقوق الأمم المستعبدة .

«وسيبقى اسم جوزيف بريستلي في ذاكرة المستنيرين من الناس ، أما إنجلترا فإنها ستأسف ، ولا شك ، يوما ما ، على تلك المعاملة غير الكريمة التي عاملت بها هذا الرجل الشهير المحترم ...»

هرب عالم الكيمياء الكبير عبر الاطلنطي إلى العالم الجديد بعد حياة حافلة بالمشاكل التي لم تقتصر على العلم بل امتدت إلى الاضطرابات التي سادت المجتمع في أيامه العصيبة . وكان بريستلي قبل ذلك بثلاثين عاما ، وهو بعد قس شاب ، قد ذهب إلى لندن التي تموج

بالمتحذلقين وقطاع الطرق والصناع المهرة والنابهين .وكان فى الثلاثين من عمره ، نحيفا ، رقيقا ، تكاد ملامحه تميل إلى الأنوثة . أما ملابسه فكانت تغلب عليها الأناقة الدنيوية أكثر منها ملابس أحد رجال الكنيسة . وكان مرحاً ، حاضر البديهة واكتسب شهرة واسعة ككاتب فى المسائل الدينية . أما فقره فكان يقابله على أنه أمر واقع ، ولكنه كان يتمتع بشجاعة أدبية لا تقهر .

ذهب بريستلى إلى لندن لمقابلة الفيلسوف الشهير الذى حضر من المستعمرات الأمريكية بنيامين فرانكلين ، وكان فى قمة مجده كأحد العلماء . وكانت تجارب فرانكلين على البرق قد جعلت منه بطلا أسطوريا فى أعين معاصريه الأوروبيين . واعتقد الناس أنه قادر على أن ينتج شرارة برقية متى شاء . وأضافت كرامة منبته إلى تلك الهيبة المحيطة به . ومع أنه كان مبعوثاً إلى لندن للدفاع عن وجهة نظر المستعمرات ، إلا أن فرانكلين قد وجد من الدبلوماسية أن يحيا حياة عالم زائر بدلا من مبعوث سياسى .

كان بريستلى أحد رجال الجدل الدينيين الذين يدافعون عن مذهب التوحيد ، وعندما مات أبوه ، وكان يعمل غزالا فى مدينة ليدز الصغيرة ، تبنته عمته ، وكانت متسعة الأفق ومستقلة الرأى ، فنشأته فى جو من المناقشة الدينية الحرة . ونظرا لضعف صحته



لم يستطع أن ينتظم كثيرا فى دراسته المدرسية ، ولكنه تعلم بنفسه الفرنسية واللاتينية والجبر والهندسة . وتحت تأثير عمته التحق بسلك الكنيسة ، فتعلم فى إحدى الاكاديميات وتزوج من سيدة ذكية عندما كان فى الثامنة والعشرين من عمره وأصبح كاتباً معروفاً فى المسائل الدينية . ولم يكن من المعقول أن يستحق ، هو بالذات ، أن يطلق عليه : « الخائن عدو المسيح » كما حدث فيما بعد .

* * *

وكان لزيارات بريستلى لصالون فرانكلين فى لندن عقب زواجه أثرها فى تغيير مجرى حياته ، فلم يكن حتى ذلك الوقت قد اهتم بالعلم إلا باعتباره من المربين . وكثيرا مااقترح على فرانكلين أن يقوم أحد الأشخاص بكتابة كتاب مبسط عن الكهرباء ، وقد حثه فرانكلين أن يقوم بهذا العمل ، ومن هنا نشأت فكرة الكتاب القيم الذى أنهاه بريستلى فى عام عن « تاريخ الكهرباء ووضعها الحاضر » . وقد اضطر فى أثناء كتابة هذا الكتاب إلى التحقق بنفسه من صحة بعض النقط المختلف عليها فى النظريات الكهربية . وكان لبريستلى شغف طبيعى بالبحث فقام ببعض الكشوف المبتكرة ، وكان منها أن الكربون موصل جيد للكهرباء .

وكان للنجاح الكبير الذى لاقاه هذا الكتاب أن انتخب بريستلى فى العام التالى عضوا فى الجمعية الملكية .

وكان هذا التذوق للعلم هو الذى دفع بريستلى فى طريقه الجديد ، ولكن الصدفة هى التى قادته إلى طريق الكيمياء . فعندما كان فى مدينة ليدز كان يقطن بجوار مصنع تقطير الخمور الذى يملكه جيكس ونيل ، وكانت الروائح النفاذة لمنتجات التخمير تتخلل مسكنه وأصبحت هدفا لأبحاثه الأولى .

كانت أفكار وآراء الكيميائيين القدامى مازالت تسيطر على علم الكيمياء ، فكانت المادة تقسم إلى أربعة عناصر أولية هى اليابسة والنار والهواء والماء . ومإن جاء عهد بريستلى حتى كانت هذه العناصر الأرسطية قد قسمت إلى عدة أنواع ومراتب . فقسمت اليابسة إلى عدة أقسام : زئبقية وزجاجية وقابلة للاشتعال . وكانت هناك بالإضافة إلى العناصر أربعة أرواح هى الكبريت والزئبق والزرنيخ والملح النشادرى ، كما كانت هناك ستة أجسام هى الذهب والفضة والنحاس والرصاص والقصدير والحديد . وكان الفلوجستون هو « روح » كافة المواد ، وبفضله كانت الأجسام القابلة للاشتعال تشتعل .

اعتزم بريستلى أن يصنع أحد أقسام الهواء وهو « الهواء الثابت » (غاز حامض الكربونيك أو ثانى أكسيد الكربون) . وكان من المعتقد أن جرب البحر ينشأ عن نقص « الهواء الثابت » فى جسم الإنسان . ولذلك فقد صنع بريستلى جهازا لإنتاج هذا

الغاز من الطباشير وحامض الكبريتيك ثم مرر هذا الغاز فى الماء عن طريق أنبوبة مرنة وذلك بعد تنقية الغاز من الشوائب ، وبذلك اخترع بريستلى المياه الغازية . ولما شرح بريستلى طريقته هذه للورد ساندويتش ، أميرال البحرية ، تكونت لجنة لدراسة هذا المشروع ، ثم افتتحت ورشتان لتزويد البحرية بهذه المياه . وقد أثار عمل بريستلى هذا إعجاب الجمعية الملكية فمنحته ميدالية كوبلى وهى أكبر جائزة للكيمياء . وأعجبت الدوائر التجارية بهذه المياه فعبأها المدعو المستر بيولى وباعها وقد كتب عليها :

«لتحضير مشروب مستر بيولى أذب ثلاثة «دراهم» من الحفريات القلوية فى كل «كوارت» من الماء ، ثم مرر تياراً من الهواء الثابت إلى أن يزول المذاق القلوى . يجب عدم تحضير كميات كبيرة من هذا المشروب ، كما يجب أن يحفظ فى زجاجات محكمة . ويمكن تعاطى أربع أوقيات منه كل مرة ، مع شرب قليل من الليمونادة أو الماء المضاف إليه القليل من الخل أو زيت الزاج المخفف (حامض الكبريتيك) مما يساعد على تصاعد الهواء الثابت فى المعدة » .

أما مشروع بريستلى العلمى الثانى فكان أقل حظا من سابقه . فقد رضخت البحرية الملكية لنداء علماء الفلك لإرسال إحدى سفنها لمشاهدة كسوف القمر فى جنوب المحيط الهادى ؛ وكانت البحرية تبحث عن عذر مقبول لإرسال بعثة بريئة المظهر إلى هذه المياه ،

ولذلك فقد خصصت سفينة تحت قيادة كابتن جيمس كوك . وسمحت للعلماء بالصعود إليها بعد أن أعطت الكابتن كوك أوامرها بأن يعطى العلماء كل الفرص للقيام بمشاهدتهم، ثم يستمر فى مهمته الحقيقية وهى رسم خريطة وادعاء ملكية الأرض الشاسعة الموجودة فى جنوب المحيط الهادى والمعروفة باسم «أرض أستراليا المجهولة». ولما كان بريستلى شغوفا بأن يذهب فى هذه الرحلة فقد عين قسا للبحارة . ولكنه منع فى اللحظة الأخيرة من الاشتراك فى الرحلة ، وذلك لكتاباته الدينية المتطرفة التى أكسبته أعداء كثيرين اتهموه بأنه قد يؤثر فى آراء أعضاء البعثة .

وعاد بريستلى إلى تجاربه عن كيمياء الغازات ، التى ضمنها بعد ذلك فى كتابه «تجارب ومشاهدات على الأنواع المختلفة من الهواء» . وكان جهازه الذى صممه يتسم بالبساطة والأناقة . كان يضع مادة التفاعل فى دورق زجاجى مملوء جزئيا بالزئبق ثم يقلب الدورق فى حوض ملىء بالزئبق بحيث يصبح كل إناء نوعا من بارومتر تورشيللى . فإذا تصاعد غاز من هذا التفاعل أدى ضغطه المتزايد إلى انخفاض سطح الزئبق إلى أسفل فى الدورق . أما إذا امتص التفاعل أحد الغازات المحبوسة فى الدورق فإن سطح الزئبق يرتفع وبذلك كان يسهل قياس التغيرات فى حجم الغازات .

وكان بريستلى يستخدم أشعة الشمس لتسخين الغازات ، وذلك باستخدام عدسة لتجميع الأشعة .

وكان أول كشف لبريستلى هو فى نفس الوقت أعظم كشوفه ، ألا وهو إنتاج وعزل غاز الأوكسچين . سخن بريستلى المادة المعروفة آنذاك باسم موركيريوس كالسيناتاس (أوكسيد الزئبق) فوجد أن الملح يعطى حوالى أربعة أو خمسة أمثال حجمه من أحد الغازات . ولما وضع بعضا من هذا الغاز فى إناء مغلق به شمعة مشتعلة لاحظ أن الشمعة « قد احترقت فى هذا الهواء بلهب غاية فى العنف .. ولم ألحظ مثل هذا اللهب فى أى نوع آخر من الهواء .. فقد احترقت الشمعة وهى تتوهج .. كما توهجت فى هذا الهواء شظية من الخشب واحترقت عن آخرها بسرعة فائقة » .

ثم علم بريستلى فيما بعد أن الفيران تعيش فى غازه أطول مما لو عاشت فى نفس الحجم من الهواء العادى . وفى الآنية المغلقة كانت الشمعة المتقدة أو الحيوانات تؤثر فى الهواء بحيث تنطفىء الشمعة أو يموت الحيوان بعد فترة . وأدرك بريستلى أنه اكتشف طريقة يمكن بها استعادة العنصر الحيوى الذى يفقده الهواء . ثم وجد الوسيلة التى تحافظ بها الطبيعة على هذا العنصر فى الهواء . كتب هذه الكلمات :

« لقد كنت سعيدا إذ تمكنت بالصدفة من معرفة الطريقة التى يمكن بها استعادة الهواء الذى أثرت فيه شمعة محترقة إلى حالته الأولى ، وإذ تمكنت من اكتشاف إحدى هذه الوسائل التى تستخدمها الطبيعة لهذا الغرض ألا وهى النباتات » .

« ففى السابع عشر من أغسطس عام ١٧٧١ ، وضعت عودا من النعناع فى كمية من الهواء تشتعل فيها شمعة فوجدت فى السابع والعشرين من نفس الشهر أن شمعة أخرى قد اشتعلت فى الغاز . وقد كررت هذه التجربة بدون أى تغير فى ظروفها حوالى ثمانى أو عشر مرات فى المدة الباقية من صيف ذلك العام . »

* * *

وقد أولى بريستلى هذه التجربة عنايته وخلصها من كل مالا داعى له من التفصيلات ، وذلك حتى يصل إلى أبسط نتيجة . وأثبت أن استعادة حيوية الهواء لا تنتج فقط من النعناع ، فالسبانخ وزهر الريحان والحشائش المسماة جروند سل كان لها نفس التأثير . ثم انتهى إلى النتيجة التالية وهى أن : « النباتات ، بدلا من أن تؤثر فى الهواء كما يؤثر فيه تنفس الحيوانات ، فإنها تعكس تأثير التنفس وتعمل على المحافظة على الهواء لطيفا عليلا سليما وذلك عندما يفسد بفعل تنفس الحيوانات الحية أو تعفن الحيوانات الميتة . »

* * *

وعلى العكس من آرائه المتطرفة فى الدين والسياسة ، كانت آراء بريستلى العلمية ونظرياته محافظة،فقد تمسك بنظرية الفلوجستون إحدى بقايا الكيمياء القديمة ، بل لقد حافظ نفوذ بريستلى على هذه النظرية وأطال من عمرها دون ما داع لفترة أطول مما تستحق . وقد تمكن بريستلى أيضا ، ولأول مرة ودون أن يدرك ذلك ، من عزل غازات النشادر (« الهواء القلوى ») والأزوت وأكسيد الأزوتيك وأول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت (الهواء الحمضى الزاجى) ومواد أخرى ، وذلك بخلاف غازى الأكسچين وثانى أكسيد الكربون .

ولما اشتهر بريستلى كأحد أساطين العلم دعته الجمعية القمرية الشهيرة فى برمنجهام ، والتى كان من بين أعضائها وزائريها بعض قادة العلم فى ذلك الوقت ، من أمثال العالم الفلكى سير ويليام هيرشيل ، والمهندس جون سميتون ، وعالم النبات إيراسماس دارون ، والمخترع چيمس وات . وكان أعضاء هذه الجمعية البالغ عددهم حوالى اثنى عشر عضوا ، يجتمعون فى منزل كل منهم مرة كل شهر فى أقرب يوم اثنين من اكتمال القمر . وكانت تبدأ الاجتماعات بالغداء فى حوالى الثانية بعد الظهر ثم تستمر إلى الثامنة مساء حين يسطع ضوء القمر فيخرج الأعضاء لكى يمشوا إلى منازلهم .

وقد كتب أحد أعضاء الجمعية إلى صديق له ، بعد اشتراك بريستلى فى الجمعية :

« كثيرا ماتحدثنا عن الفلوجستون دون أن ندرى ما كنا نتحدث عنه . ولكن الآن ، وبعد أن ألقى دكتور بريستلى الضوء على هذا الأمر ، أصبح فى إمكاننا أن نصب هذا العنصر من إناء إلى آخر بل ويمكننا أن نقدر بالدقة ما نحتاج إليه من هذا العنصر لاختزال الجير عندما يلمس أى جسم مرئى . وباختصار ، فإن هذا الإله يمكن قياسه ووزنه كأية مادة أخرى . أما بالنسبة للأمور الأخرى ، فإنى أحيلك على الدكتور نفسه » .

وأمضى بريستلى العشرة الأعوام التالية فى برمنجهام سعيداً بأبحاثه فى الكيمياء ، وكتاباته عن التعليم واللاهوت . ومع أنه كان ملكيا مخلصاً ، إلا أنه أعلن عن عطفه على أهداف المستوطنين الأمريكيين فى أثناء الحرب الثورية . وربما كان من الممكن أن ينجو بريستلى من العقوبة نتيجة آرائه هذه ، كما فعل كثير من الإنجليز ، لولا أنه جاهر أيضاً برأيه فى ضرورة فصل الكنيسة عن الدولة فى إنجلترا كما أيد أهداف الثورة الفرنسية .

كتب ت . ا . ثورب الذى أرخ لبريستلى أنه « مع تقديرنا لبريستلى كفيلسوف مجرب ، إلا أن ما يدعونا إلى زيادة حبه

واحترامه وتقديره هو ما لاقاه من متاعب نتيجة لكفاحه من أجل الحريات المدنية والسياسية والدينية » .

وفى يوم الباستيل عام ١٧٩١ شارك بريستلى جماعة من أصدقائه فى احتفال هادئ لهذه المناسبة فى برمنجهام . وكان بعض المتهوسين والمتعصبين قد وزع منشورات قبلها بخمسة أيام يتهمون فيها القائمين بالحفل بالخيانة ويهددون بريستلى وعائلته بالشنق . تجاهل بريستلى وأصدقاؤه هذه التهديدات ، وتناولوا غداءهم فى أحد المطاعم الخاصة بهدوء . ولكن المتاعب بدأت فى المساء ، فأشعلت جماعة من الغوغاء المتهوسين الكنيستين المخالفتين فى برمنجهام ثم اتجهت هذه المجموعة إلى منزل بريستلى لحرقه وشنقه هو وأسرته . وقد وصفت إحدى جارات بريستلى ما حدث عندما انتشرت أنباء اقتراب الغوغاء من منزل بريستلى وكيف حاول والدها إيقافهم :

« وصل أبى إلى بوابة دكتور بريستلى قبل الغوغاء، واتخذ لنفسه موقفاً بينهم وبين المنزل ، فلما وصلوا إليه حاول أن يثنيهم عن غرضهم بالإقناع وبالإغراء بالمال . وقد بدا كما لو كانوا قد اقتنعوا بكلامه ، عندما صرخ أحدهم بصوت عال ، وكان من قادة الشغب : « لا تلمسوا أمواله ، فقد شنق رجل فى ثورة ١٦٨٠ بلندن لأنه أخذ ستة بنسات » . ثم بدأ فى قذف الحجارة . ولما وجد والدى

أنه من غير المعقـول مواجهة مائتى أو ثلاثمائة رجـل أدار حصانه وانصرف » .

وبينما بريستلى وأسرته يحتمون بمنزل أحد الأصدقاء ، سطت الجموع على منزله وبعثرت أوراقه ، وهدمت المنزل وأشعلت النيران فى الأنقاض . ثم توجهت تبحث عن بريستلى فى كل مكان بالمدينة لعدة ساعات فهرب هو وأسرته فى عربة قبل أن يمسكوا بهم بدقائق . ووصلوا إلى لندن بعد أسبوع من الحادث وهم فى سفر متواصل.

صدمت هذه الأنبـاء كثيراً من الناس فى لنـدن ولـكن الـكثيرين غيرهم أدركـوا أنه لادخان بلا نار ، وأن آل بريستلى لابد أن يكونوا غير موالين . فقد طلبت إحدى الخادمات إعفاءها من العمل لأنهـــا كانت تعمل قريباً من منزل بريستلى وذلك خوفاً من غضب الله . وبدأ أعضاء الجمعية الملكية فى مهاجمة بريستلى بعنف . ولم يستطع أبناؤه الالتحاق بأى عمل فأبحروا إلى أمريكا . وكانت إنجلترا مقبلة إذ ذاك على تلك الثلاثين سنة من الاضطهاد حين كانت ترسل السفن المحملة بالمسجونين السياسيين إما إلى خليج بوتانى وإما إلى المشنقة .

وأدرك بريستلى ، بعد مضى عامين فى لندن ، أنه لن يتمكن من العيش فى سلام فى إنجلترا . فقرر أن يلحق بأبنائه فى بنسلفانيا.

ورحب به چورچ واشنطن فى الوطن الجديد ، وألقى المواعظ فى جمع من الناس كان بينهم الرئيس جون أدامز ، وأصبح من الأصدقاء المقربين لتوماس چفرسن . هذا ، وقد رفض الأستاذية وبعدها رئاسة جامعة بنسلفانيا ، مفضلا أن يعيش فى هدوء . . ومات أقرب أبنائه إلى قلبه ، ومن بعده زوجته التى لم تفق أبداً من الصدمة التى أصابتها فى برمنجهام .

إلا أن إقامة بريستلى فى المهجر لم تخل من عمل ، فقد أجرى تجاربه الشهيرة وشرحها لچيمس وود هاوس وچون ماكاين وروبرت أوهير وهم طليعة الكيميائيين الأمريكيين الذين بدأوا عملية صقل ذلك العلم الذى فتح الطريق أمام كشف واستغلال ثروات الأراضى الأمريكية .



لافوازييه

بقلم: دنيس ا. دوقين

اشتهر أنطوان لوران لافوازييه بأنه مؤسس علم الكيمياء الحديثة ، ولكن هذا العمل إنما يعكس جزءاً صغيراً من قصة حياته . ولو أن لافوازييه لم يقم بأية تجربة كيميائية ، لاستحق كذلك مكانا مرموقا فى التاريخ . لقد تعددت جوانب نبوغه ، ولم يكن من رواد علم الكيمياء فحسب ، ولكنه كان كذلك رائدا فى علم وظائف الأعضاء (الفسيولوچيا) ، والزراعة العلمية ، والتكنولوچيا ، كما كان من الشخصيات البارزة ، فى عصره فى مجالات الاقتصاد والتعليم العام والتنظيم الحكومى . إن التاريخ لا يحدثنا إلا عن عدد ضئيل من أمثال هذا الرجل الفرنسى النابغة الذى استطاع أن يحيط بمثل هذا العدد الكبير من فروع المعرفة .

ولد لافوازييه فى مدينة باريس يوم ٢٦ أغسطس عام ١٧٤٣ ، وكان الابن الوحيد لوالدين مقتدرين . ماتت أمه وهو ما زال صغيراً ، فتربى فى ظل رعاية وحب والده وعمته العانس .

أراد له والده أن يكون محاميا ، ونزولا على إرادة أبيه أتم

أنطوان دراسته القانونية وحصل على الليسانس . ولكنه أظهر ميله المبكر للعلم باختياره كلية مازاران للدراسة الجامعية حيث درس علوم الفلك والنبات والكيمياء والچيولوچيا على أيدى مشاهير الأساتذة . وبعد دراسة القانون عاد سريعا إلى العلم . وما إن مرت سنوات ثلاث ، وهو بعد فى سن الخامسة والعشرين ، حتى انتخب عضوا فى أكاديمية العلوم الملكية ، وذلك نتيجة لأعماله التى أسهم بها فى عمل خريطة چيولوچية لفرنسا ، وكذلك لبحوثه الكيميائية فى عجينة باريس ، وكذلك لحصوله على الميدالية الذهبية الخاصة تقديرا للخطط التى قدمها فى المسابقة الملكية لتحسين الإضاءة فى شوارع باريس .

ولما كان لاڤوازييه قد اعتزم أن يمضى فى طريق البحوث العلمية ، فقد بدأ أولاً فى تأمين حياته المالية ، فاشترى نصيباً من أسهم شركة « فيرم جنرال » وهى الشركة الخاصة التى كانت تجبى الضرائب للملك . وقد درت عليه هذه الأسهم أرباحاً طائلة طوال حياته ولكنها كانت السبب فى إعدامه بالجيلوتين .

تزوج لاڤوازييه ، وهو فى الثامنة والعشرين ، من مارى آن بيريت پولز ، وكانت فى الرابعة عشرة من عمرها ، وهى ابنة أحد كبار أعضاء شركة «فيرم جنرال» . ومع أن هذا الزواج كان من ترتيب والدها حتى لا تقع تحت ضغط الجهات العليا التى كانت ترغب


BERNARDA
BRYSON

فى زواجها من كونت عجوز فاسد الأخلاق ، إلا أن الأيام أثبتت أن زواج لافوازييه من هذه العروس الطفلة كان ناجحا سعيداً . بدأت مارى فى تعلم اللغتين اللاتينية والإنجليزية لترجمة الأعمال العلمية لزوجها الذى كان قليل الإلمام باللغات الأجنبية . وترجمت له كتابين هامين للعالم الكيميائى الأيرلندى ريتشارد كيروين ، وأعدت له موجزا لأبحاث نشرها جوزيف بريستلى وهنرى كافنديش وغيرهما من علماء الكيمياء المعاصرين . وأوضحت ترجماتها وملاحظاتها التى كانت تكتبها على الهوامش أنها كانت تلم بالكيمياء إلماما يفوق مجرد المعرفة السطحية . وجعلت مارى من منزلها مكانا يؤمه العلماء الفرنسيون والأجانب ، كما كانت فنانة موهوبة ترسم وتحفر اللوحات لكتبه ، وساعدته فى معمله وكانت سكرتيرته التى تدون الملاحظات عن تجاربه الكثيرة . وبعد إعدام لافوازييه كتبت وطبعت كتابه الأخير « مذكرات فى الكيمياء » ، وهو الكتاب الذى كان قد جمع مواده فى السجن ولكنه لم يكمله . ومن المؤسف أنها قد كوفئت على عملها هذا أسوأ مكافأة وذلك لزواجها التعس ، الذى لم يدم طويلا ، من الكونت رامفورد ، وكان الكونت رامفورد عالماً ومخترعاً مشهوراً إلا أنه كان أيضاً مغامرا ووصولياً نفعياً .

كانت أعمال لافوازييه فى الكيمياء سجلا حافلا يجدر بنا أن

نستعرضه بسرعة . ففى عام ١٧٧٢ ، عندما كان فى التاسعة والعشرين من عمره ، بدأ دراسة احتراق الفلزات وكلسنتها (تأكسدها) ، ولاحظ أن الكبريت أو الفوسفور يزداد وزنه عندما يحترق ، وافترض أنه يمتص الهواء . وكان المفتاح الذى يفسر ملاحظاته هو كشف چوزيف بريستلى « للهواء الذى انتزع منه الفلوچستون » (الأوكسچين) . وقد بين لاڤوازييه بعد ذلك مباشرة أن هذه المادة التى أطلق عليها اسم الأوكسچين هى التى كانت تمتصها المعادن عند تكوين « الكالسات » أى الأكاسيد . وأخذ يستبدال بنظرية « الفلوچستون » ، التى كان قد مر عليها حوالى قرن من الزمان (وهى النظرية التى تقول أن المواد تحترق بسبب تسرب الفلوچستون) ، النظرية الصحيحة التى ترى أن الاحتراق عبارة عن اتحاد كيميائى بين المادة المحترقة والأوكسچين . ولم يستطع لاڤوازييه تفسير تكون النار ، ولذلك فقد أدخل لفظ « الكالورى » لكى يشرح العنصر الذى لا وزن له أى الحرارة . ولكن التفسير الكامل للاحتراق والحرارة لم يتم إلا بعد نمو نظرية « الأنتروپى » أو « التعادل » فى القرن التاسع عشر . ومع ذلك ، فإن لاڤوازييه ، بالتعاون مع عالم الفيزياء العظيم پيير سيمون دى لاپلاس ، قام بدراسات عن الحرارة المصاحبة للاحتراق ، وضعت الأساس لعلم الكيمياء الحرارية .

فشلت نظرية لاڤوازييه فى مبدأ الأمر فى إعطاء تفسير لاحتراق « الهواء القابل للاشتعال » (الإيدروجين) ، وهو الغاز الذى يتصاعد عند إذابة المعادن فى الأحماض ، وهنا كان الفضل لأحد اكتشافات كافنديش فى إمداد لاڤوازييه بالتفسير الذى يحتاج إليه. فقد علم كافنديش أن الماء النقى ينتج عن احتراق « الهواء القابل للاشتعال » ، فقام لاڤوازييه بعدة تجارب أخرى استنتج منها أن الماء عبارة عن مركب يتكون من غازين هما اللذان نطلق عليهما الآن الأوكسجين والإيدروجين . وأدرك فوراً أن هذه الحقيقة تضع حجر الزاوية لبناء هيكل جديد كامل فى علم الكيمياء .

لاقت الكيمياء الجديدة قبولا حسناً ، ودعت إلى إعادة النظر فى كشف العناصر ووضع نظام جديد لتسمية المواد ، ولقد وضع لاڤوازييه ، مع بعض كبار علماء الكيمياء الفرنسيين ، أسماء جديدة ، ما زالت تستخدم إلى وقتنا هذا مع بعض التغيرات البسيطة .

وكان من الطبيعى أن يؤدى شغف لاڤوازييه الشديد بالاحتراق إلى اهتمامه بالتنفس ، وهناك من يقول إن عمله فى هذا المجال يجعل له الحق فى أن يلقب بمؤسس علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) والكيمياء الحيوية . ومن المؤكد أنه وضع نظاما حيث كانت تعم

الفوضى . كان الكثيرون قد خمنوا أن جميع أشكال الحياة تعتمد على عامل حيوى فى الهواء . وبين بريستلى ، وغيره ، بالتجربة أن الحيوانات عندما تتنفس تستهلك عاملا ضروريا من الهواء . وكان على لا ڤوازييه أن يبين الطبيعة الكيميائية البحتة لذلك الدور الذى يلعبه الأوكسجين ، أوكما كان يسمى فيما سبق ، الهواء الحيوى بالنسبة لعملية التنفس ، والاحتراق . وكان لا ڤوازييه أول من أوضح أن حرارة الحيوان تنتج من عملية بطيئة مستمرة تحدث فى الجسم ، وأنها عبارة عن عملية احتراق بطيئة . ولكى يثبت هذا عمليا صمم وأجرى عدة تجارب رائعة بالتعاون مع لا پلاس ، على نوع من « الفيران أو خنازير غينيا » حيث كانا يقيسان بدقة ما يأخذه الحيوان من الأوكسجين وما يخرجه من ثانى أكسيد الكربون والحرارة . وكانا يقيسان الحرارة بواسطة مسعر ثلجى من اختراعهما ، وبذلك وضعا معا أساس علم قياس الحرارة أو الكالوريمترى . وكامتداد لهذا العمل تعاون لا ڤوازييه بعد ذلك مع أرمان سجوان فى برنامج للبحوث أدى إلى توضيح حقائق عمليات الأيض . والجهاز الذى صممه لاڤوزييه والذى أجرى به هذه البحوث يعتبر الأب المباشر للجهاز الذى يستخدم اليوم فى قياس عمليات الأيض الأساسية .

* * *

وكثيرا ما كان لا ڤوازييه يضطر إلى وقف بحوثه عندما تدعوه الحكومة إلى أن يقدم لها المساعدة الفنية. دعته الحكومة ذات يوم إلى العمل لحل مشكلة النقص فى البارود. كانت فرنسا تشكو من ندرة ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) ، وهو أحد المركبات الأساسية فى صناعة البارود ، كانت تنتجه إحدى الشركات الاحتكارية بطريقة غير فعالة. وقد طلب مراقب عام المالية مشورة لا ڤوازييه الذى اقترح أن تؤسس الحكومة «إدارة المساحيق». وقد عين أحد أربعة مديرين لهذه الدار ، ثم استمر فى وضع طرق جديدة للإنتاج أكثر كفاءة. واستطاع خلال ثلاث سنوات أن يرتفع بانتاج فرنسا السنوى للبارود من ٧١٤ طنا إلى ١٦٨٦ طنا. ويمكن القول إن جهود لا ڤوازييه هذه ساعدت على نجاح الثورة الأمريكية لأنه لولا البارود الذى أمدت به فرنسا الثوار لتغيرت نتيجة الثورة.

ولقد منحت إدارة «المساحيق» لاڤوازييه منزلا ومعملا للبحوث داخل دار الصناعة ، حيث قضى أسعد سنى حياته وأكثرها إنتاجاً. ولكن تخللت هـــذه المرحلة تجربتان تدلان على مدى ما يتعرض له العالم الذى يعمل فى خدمة الحكومة. فنى أحد الأيام ، كان لاڤوازييه ، ومعه زوجته وثلاثة من مساعديه ، يجرون تجربة على ملح كاورات البوتاسيوم لدراسة إمكانية

استخدامه كأحد المفرقعات فحدث انفجار فى المعمل أدى إلى وفاة اثنين منهم ، ولكن لافوازييه نجا سالما هو وزوجته . وقد أبلغ لافوازييه الحادث إلى وزير الملك فى عبارات سامية تنم عن طبيعة أخلاقه :

« فإذا تكرمتم ، ياسيدى ، بعرض أمر هذا الحادث المؤسف، على الملك والأخطار التى تعرضت لها ، فإننى أرجوكم أن تنتهزوا هذه الفرصة لكى تؤكدوا لجلالته أن حياتى فداء له وللدولة ، وأننى سأكون دائماً على استعداد للتضحية بها لما فيه مصلحته ، إما بتكرار نفس العمل على المادة المفرقعة الجديدة ، وهو عمل أومن بأنه ضرورى ، وإما بأية وسيلة أخرى » .

أما التجربة الأخرى فكانت سياسية . فنى عام ١٧٨٩ ، عندما استولى الثوار على باريس ، قررت إدارة المساحيق أن تشحن ١٠,٠٠٠ رطل من البارود الصناعى الردىء إلى خارج المدينة لاستبدال نوع أحسن به . وأزعجت هذه العملية الأهالى ، فأمر لافاييت ، وكان مسئولا عن الذخيرة ، بإعادة الشحنة إلى دار الصناعة . واستدعى الكوميون المحلى المديرين للتحقيق معهم بتهمة الخيانة ، ومع أن نتيجة التحقيق كانت لصالحهم إلا أن صيحة الرأى العام للمطالبة باعتقال لافوازييه لم تخفت إلا بعد عودة شحنة البارود إلى دار الصناعة .

وكان لاڤوازييه ، مثل توماس چيفرسون ، الذى كان يشبهه من وجوه كثيرة ، شغوفاً جداً بالزراعة . وكان قد ورث عن والده مزرعة فى لابورچيه ، ثم امتلك بعد ذلك بقليل مزرعة كبيرة بالقرب من مدينة أورليان . وكان يزرع فيها بنفسه ٣٧٠ هكتارا ويؤجر ٨٦٥ هكتارا ، وكان من عادته أن يقضى مواسم البذر والحصاد فى المزرعة ، وأن يمسك حسابات دقيقة للمحاصيل وأثمانها . وسرعان ما قرر المزارع لاڤوازييه أن كمية المحاصيل ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية السماد الذى يستخدم فى الحقول . ثم أجرى تقديراً دقيقاً للعلاقة بين كمية الماشية ومساحة المراعى والأرض المنزرعة فى مزرعة مشتركة للرعى والزراعة . وكانت دراساته عن احتياجات المحاصيل المختلفة والماشية عملية جداً وغاية فى النجاح . وأمكنه أن يسجل بكل ارتياح ، أنه فى خلال ١٤ عاماً ضاعف إنتاج القمح ووصل بإنتاج الماشية إلى خمسة أمثالها .

وكان لاڤوازييه يبذل نشاطاً كبيراً فى الجمعية الزراعية فى باريس ، وكذلك فى الإدارة الزراعية ، حيث كان واحداً من ضمن الخمسة أعضاء المؤسسين ومنارها المرشد . وقد مثل الدائرة الثالثة فى برلمان أورليان المحلى حيث كان المحرك الأول لأغلب المناقشات والموضوعات محل البحث . وكانت تقاريره ، التى غلبت على محاضر جلسات البرلمان ، لا تتناول المسائل الزراعية فحسب

بل تتناول كذلك موضوعات متعددة مثل المعونة الاجتماعية لليتامى والأرامل ، وخطوات تأسيس بنك للتوفير فى أورليان ، وإلغاء السخرة (التى كانت تستخدم لإصلاح الطرق) والإصلاحات الضرائبية وإعداد خريطة لمعادن الإقليم ، وإقامة ملاجىء ومشاغل للفقراء . وقد عبر عن عقيدته الاجتماعية فى الكلمات التالية « يجب ألا تقتصر السعادة على عدد محدود من الناس ، إن السعادة ملك للجميع » . وكان لافوازييه يؤمن بالأرض وأن الثروة تنبع من الأرض وأن الحرية الشخصية من أقدس حقوق الإنسان .

ومع أن لافوازييه كان رائدا فى مجال العلوم ، وسياسياً من الأحرار ، واجتماعيا من المصلحين ، إلا أن آراءه عن المال والاقتصاد كانت محافظة،وقد اختير فى الجمهورية الجديدة عام ١٧٨٩ لرئاسة بنك الخصومات الذى تحول فيما بعد إلى بنك فرنسا . وقد حذر ، فى أحد تقاريره التى تتسم بالوضوح والإدراك العميق ، من خطر التضخم . وبعد ثلاث سنوات قدم لافوازييه تقريرا إلى المجلس الوطنى عن الحالة المؤسفة التى وصلت إليها مالية البلاد . ولقد ذكر أحد الخبراء حديثا أن تقرير لافوازييه وعرضه للموقف آنذاك كان رائعاً . وطبع هذا التقرير بيير ديبون ، وكان صديقا للافوازييه الذى ساعده ماليا فى إنشاء دار للنشر ، كما كان ولده أرينيه مساعدا فى مكتبة دار الصناعة أيام كان لافوازييه أحد

مديرها . وعند ما أسس أرينيه، بعد هجرة أسرة ديبون إلى الولايات المتحدة ، مصانع البارود الضخمة فى ديلادير ، أراد أن يطلق عليها مصانع لافوازييه ، ولكن رأى الأسرة استقر فى النهاية على تسميتها باسم شركة ديبون دى نيمور .

ويعتبر كتاب لافوازييه الشهير فى الاقتصاد السياسى « عن ثروة الأرض فى المملكة الفرنسية » من أشهر الكتب فى تاريخ الاقتصاد . وكان قد بدأه قبل الثورة ، ولكن المجلس الوطنى اعتبره مفيدا جدا فيما بعد بحيث أمر بطبعه عام ١٧٩١ . وكان من رأى لافوازييه أنه لا يمكن وضع نظام معقول للضرائب إلا على أساس من المعرفة الدقيقة لإنتاج البلاد الزراعى ، ولذلك فقد جمع البيانات من جميع مقاطعات فرنسا . وكانت أرقامه عن الإنتاج والاستهلاك وعدد السكان من أولى الاحصائيات القومية الموثوق بها . ولقد أوصى لافوازييه أن تنشئ فرنسا معهدا لجمع ودراسة كافة البيانات الاقتصادية — سواء فى الزراعة أو فى الصناعة — وعدد السكان ورأس المال وغيرها .

* * *

وكان لافوازييه ، باعتباره أحد أعضاء اللجنة الاستشارية التى كونتها الحكومة لدراسة الشئون الهامة للتجارة والمهن ،

قد اقترح نظاما قوميا للتعليم ، وأكد أن تعليم الشعب يعتبر أمرا مفيدا للدولة ، وأن التعليم الحر يجب أن يكون مباحا للجميع بصرف النظر عن الجنس أو الوضع الاجتماعى . واقترح إنشاء أربعة أنواع من المدارس : الابتدائية ، والفنون الأولية ، والمعاهد ، واثنتى عشرة مدرسة قومية عليا فى أكبر المدن الفرنسية وعددها اثنتا عشرة مدينة . كما اقترح خلق أربع جمعيات قومية لتطوير العلوم الرياضية والفيزيائية ، والتطبيق التكنيكى للعلوم ، والعلوم السياسية والإنسانية ، والآداب والفنون الجميلة .

ومن الأعمال التى لعب لافوازييه فيها دورا كبيرا تلك المحاولة الفرنسية التى لا يعرفها الكثيرون والمتعلقة بإقامة نظام طموح للتعليم العالى فى الولايات المتحدة الوليدة عام ١٧٨٨ . وكانت الروح المحركة لهذا العمل هو ألكسندر مارى كوسنى دى بورپير حفيد أحد مشاهير الفلاسفة الفرنسيين ، وكان مهتما بالاقتصاد ، كما كان طبيب القصر . واقترح كوسنى إقامة كلية فى ريتشموند ، العاصمة الجديدة لفرجينيا ، تأخذ طابعا عالميا . وعينت الأكاديمية الفرنسية لجنة ، كان أحد أعضائها لافوازييه ، لدراسة الموضوع ، ووضع أعضاء اللجنة تقريرا مؤيداً للفكرة . ويغلب على الظن أن لافوازييه هو الذى كتب التقرير ، خاصة إذا علمنا استعداده لأخذ مسئولية كتابة التقارير فى مثل هذه المسائل .

وقد شيدت فعلا أكاديمية كوسنى فى ريتشموند ، ولكنها لم تبدأ عملها قط وذلك نظرا للتغيير الثورى الذى حدث فى فرنسا فى العام التالى . وفى نفس هذا المبنى أقر رسميا دستور الولايات المتحدة . وتحول المبنى فيما بعد إلى مسرح ، احترق عام ١٨١١ ، وأعيد بناؤه ، وما زال يستخدم كنيسة إلى يومنا هذا .

وكان من أول أهداف الثورة الفرنسية — بعد سقوط الملكية — شركة « فيرم جنرال » جابية الضرائب ، والتى اكتسب أعضاؤها كراهية الشعب لهم باعتبارهم من مصاصى الدماء الذين أثروا على حساب الشعب . وأخيراً أغلق المجلس الوطنى هذه الشركة وأمرها بتقديم تقرير عن حساباتها . وأدى تأخير تقديم هذا التقرير إلى إثارة اللجنة الثورية فأمرت فى ١٤ نوفمبر عام ١٧٩٣ بإلقاء القبض على جميع أعضاء الشركة . وعندما سمع لافوازييه بهذا القرار ، اختفى وحاول وقف القرار نظرا لأعماله العلمية القيمة لبلاده . ولكن هذه المحاولات لم تفلح فاضطر إلى تسليم نفسه بعد بضعة أيام .

وسجن أعضاء الشركة فى مكاتب الشركة السابقة حيث أنهوا كتابة تقرير عن الحسابات النهائية فى شهر يناير من عام ١٧٩٤ . وبينت حساباتهم بوضوح تام أن جامعى الضرائب كانوا يتصرفون طبقاً للقانون .

إلا أن الإرهاب كان قد وصل إلى أقصى مراحله ، ولم يعد هناك مفر أمام أعضاء الشركة ، إذ وجهت إليهم تهم جديدة ولصقت بهم افتراءات مثل تحصيل فوائد باهظة ، وخلط الدخان بمزيد من الماء (مما يضر بصحة المدخنين) ، وأمثال ذلك . وفى ذلك الجو المحموم الذى كان متفشيا فى فرنسا لم يجد موجهو الاتهام صعوبة فى إصدار قرار بتقديم المتهمين إلى محكمة الثورة . وكان هذا القرار يعنى الحكم بالإعدام .

وفى الساعة الواحدة من صباح ٨ مايو عام ١٧٩٤ سلم كل منهم نسخة تكاد لا تقرأ من التهم الموجهة إليه ، وفى الساعة العاشرة من صباح نفس اليوم استدعوا أمام المحكمة . وهناك قامت مشكلة ، فالمحكمة كانت مختصة فقط بمحاكمة الذين يقومون بنشاط معاد للثورة ، وهو مالم يتهم به أعضاء الشركة . ولكن رئيس المحكمة چان باتيست كوفينال ، تغلب على هذه المشكلة بأن طلب من المحلفين أن يسألوا أنفسهم إذا كان قد اتضح لهم أن المتهمين قد اشتركوا فى مؤامرة ضد الشعب بأن أتوا أعمالا ضارة ، مثل تموين أعداء الجمهورية بأموال اختفت بشكل غير قانونى من الخزانة ، وهى تهمة لم تذكر فى قائمة الاتهام ولم يقم عليها أى دليل فى أثناء المحاكمة .

وأصدر المحلفون قرارا إجماعيا بالإدانة ، وأعدم المتهمون بالجيلوتين قبل منتصف الليل .

وهكذا مات عالم فرنسا العظيم. وقال چوزيف لويس لاجرانج ، عالم الرياضة الكبير فى اليوم التالى : « إن قطع ذلك الرأس قد تم فى لحظة ، ولكن قرنا آخر قد لا يكفى لكى يظهر رأس آخر مماثل » .



القسم الرابع

المغناطيسيّة والكهْربا

١ – بنيامين فرانكلين

بقلم برنارد كوهين

يحتل برنارد كوهين الآن فى مكتبة ويدينر بجامعة هارڤارد مكان مدرسه وسلفه فى كرسى الأستاذية لتاريخ العلوم ، المرحوم چورچ سارتون . وتزدحم أرفف الغرفة من الأرض إلى السقف بأكبر مجموعة من الكتابات عن تاريخ العلم — كتب ومذكرات ، وكتيبات ، ومخطوطات — وهى مجموعة لا مثيل لها فى العالم . ولقد أوردنا فى بداية القسم الأول من هذا الكتاب ملخص لتاريخ حياة كوهين .

٢ – ميشيل فاراداى

بقلم هربرت كوندو

ولد هربرت كوندو ، عضو هيئة البحوث فى موسوعة الشعب الأمريكية ، حيث يدرس تاريخ الفيزياء ، فى مدينة نيويورك عام ١٩٢٤ ، ودرس فى جامعة فلوريدا ، وحصل على شهادة الماچستير فى تاريخ الحضارات عام ١٩٥١ فى جامعة شيكاغو . وفى أثناء الحرب اشتغل فنيا

فى الرادار ، كما درس الفيزياء والرياضيات فى معهد إلينوى للتكنولوچيا . وهو يتخذ من الإلكترونيات هواية له . وتعلم قراءة الفرنسية والأسبانية والألمانية والسانسكريتية . وجاءت دراسته لحياة فاراداى نتيجة لبحوثه فى تاريخ النظرية النسبية .

٢ — چوزيف هنرى

بقلم ميتشيل ويلسون

كتب ميتشيل ويلسون علاوة على « عش مع البرق » ، التى جاء ذكرها فى صفحة ١٥٣ ، قصتين إحداهما « أخى ، عدوى » ، وهى مأساة حياة اثنين من المخترعين الأمريكيين ، والأخرى « المحبون » ، وهى مسرحية كتبها تعليقا على مسرحية « كروم مارتا » .

ويؤمن ويلسون بأن فنون الصناعة ورجالها بمثابة العمود الفقرى للحياة الأمريكية الآن ، كما كانت سهول الغرب وجباله فى العصور السابقة . وأحدث كتبه هو « العلم والاختراع فى أمريكا » ، وهو كتاب تاريخى كبير أنيق أصدرته دار سيمون وشوستر عام ١٩٥٤ .

٤ – چيمس كلارك ما كسويل

بقلم جيمس نيومان

فيما بين عام ١٩٤٠ ، عندما أرسل چيمس نيومان كتابه « الرياضيات والخيال » إلى المطبعة ، وعام ١٩٥٦ ، كرس وقته فى أعماله الأخرى ، التى جاء ذكرها فى بداية القسم الأول ، ومراجعة ما نشر فى الرياضيات مبتدئا ببردية رايند (عام ١٧٠٠ قبل الميلاد) . وكانت نتيجة جهوده هذه أن أصدر كتابه « عالم الرياضيات » فى أربعة مجلدات ثمنها ٢٠ دولاراً ، من دار سيمون وشوستر للنشر عام ١٩٥٦ . وقد عجب أصحاب دار النشر أنفسهم عندما تعدى عدد ما باعوه من هذا الكتاب ١٠٠٫٠٠٠ نسخة .

بنيامين فرانكلين

بقلم : ا. برنارد كوهين

بالرغم من أن كل جوانب حياة بنيامين فرانكلين قد تعرضت لدراسة دقيقة فاحصة وناقدة ، إلا أن مكانه من تاريخ العلم ، كما تصفه كتب التاريخ الأمريكى ، مازال مشوهاً . ففى أثناء حياته ، كان فرانكلين معترفاً به بين معاصريه من العلماء باعتباره أحد كبار أئمة العلم فى عصره . وأعلن جوزيف بريستلى أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء يجب « أن يسلم إلى الأجيال القادمة كتعبير عن المبادىء والنظريات الصحيحة فى الكهرباء ، تماماً كما تعتبر فلسفة نيوتن تعبيراً عن النظام بوجه عام » . وحاز فرانكلين أسمى أشكال التقدير العلمى من معاصريه . وقام أحد الكتاب بمقارنة كتابات فرانكلين بكتاب نيوتن الشهير « البرنكيبيا أو الأسس » ، وقال : « إن التجارب والمشاهدات التى أجراها الدكتور فرانكلين بمثابة قواعد علم الكهرباء ، كما أنها تضع أساساً لنظام بسيط بقدر ما هو عميق » .

وينحو أغلب الكتاب اليوم إما إلى تأكيد اكتشافات فرانكلين

التطبيقية وإما إلى إنكار مكانته بين مؤسسى العلم البحت . ومن أمثال ذلك تلك المقالة التى ظهرت حديثاً فى مجلة « العلوم » حيث أعلن الكاتب أن السبب الوحيد الذى يدعو أحياناً إلى اعتبار فرانكلين من كبار العلماء ووضعه ، من حين لآخر ، بين قائمة العظماء الحقيقيين ، مثل ج . ويلارد جيبس و . أ. أ. نيكلسون، هو أنه كان شخصية هامة فى تاريخ أمريكا السياسى .

وتهتم أغلب الكتابات التى وضعت عن حياة فرانكلين العلمية بالتركيز على العمل الذى يكاد يعرفه الجميع ألا وهو إثباته ، عن طريق طائرة من الورق أطلقها فى أثناء عاصفة ، لصحة الفرض القائل بأن البرق عبارة عن شرارة كهربية . وقد يصل البعض إلى حد إنكار حقه فى هذا العمل الرائع الممتاز ، فقد جاء فى مقالة بإحدى المجلات العلمية المعروفة أن قصة الطائرة والبرق إنما هى من نسج خيال مؤلفى الأساطير ، وهذا بالرغم من أن فرانكلين كان قد نشر هذه التجربة ، التى أعاد تجربتها غيره من العلماء ، فى أكبر مجلة علمية فى ذلك الوقت .

ولكن ، دعونا ننس أمر هذه الطائرة ، فلم تكن بذات أهمية كبرى فى حياة فرانكلين ، كما أنها لم تكن أول تجربة يضع تصميمها لإثبات الطبيعة الكهربية لشرارة البرق ، إلى جانب أن


BERNARDA
BRYSON

هذه التجربة لم تكن الأولى التى أثبتت صحة هذا الفرض ، وهذا الفرض نفسه لم يكن من وضع فرانكلين . إن مكانة بنيامين فرانكلين فى تاريخ العلم تستند إلى أسس أقوى وأمتن ، ومن بين هذه الأسس ذلك السجل الكبير والحشد الهائل من الحقائق الجديدة عن الطبيعة التى كشف عنها بمهارته الفائقة فى تصميم وتنفيذ التجارب ، بالإضافة إلى نبوغه فى إقامة صرح أول نظرية متكاملة موحدة عن الفعل الكهربى . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن نجاحه الفائق قد أعطى فن إجراء التجارب مكانة جديدة كان فى أشد الحاجة إليها فى القرن الثامن عشر . كما أن النظريات الكهربية التى جاءت فى كتابه « تجارب ومشاهدات عن الكهرباء أجريت فى فيلادلفيا بأمريكا » مازالت جزءاً من نسيج النظريات الكهربية فى الوقت الحاضر . إننا نكرم دون أن ندرى ، بنيامين فرانكلين عندما نذكر كلمات « موجب » و « زائد » أو «سالب» و « ناقص»، وبطارية كهربية ، وغيرها من المصطلحات التى كان فرانكلين أول من استخدمها فى الظواهر الكهربية .

ويعتبر كتاب فرانكلين عن الكهرباء من أهم الكتب العلمية التى أعيد طبعها فى منتصف القرن الثامن عشر . فقد ظهرت له خمس طبعات بالإنجليزية وثلاث بالفرنسية وواحدة بالإيطالية وواحدة

بالألمانية . وكانت سمعة فرانكلين العلمية من العظمة بحيث انتخب زميلا فى الجمعيـــة الملكية ومنح فيها ميدالية كوبلى لتجاربه على الكهرباء . وفى عام ١٧٧٣ انتخب واحدا من ثمانية من « الأعضاء الأجانب » فى أكاديمية العلوم الملكية فى باريس . وعندما كانت الأعمال العلمية تنال تقديراً أكبر مما تناله فى وقتنا الحاضر ، كان كتاب فرانكلين يدرس على نطاق واسع وكان اسمه على كل لسان.

بدأ اهتمام فرانكلين بموضوع علم الكهرباء حوالى عام ١٧٤٤، وفيما بين عامى ١٧٤٧ ، ١٧٥١ توصل إلى أهم كشوفه ، وبدأ يكتسب سمعته ومكانته العلمية . وعلى عكس القاعدة العامة التى تقول إن أعظم الكشوف فى علم الفيزياء قام بها رجال فى العقد الثالث أو الرابع من حياتهم ، نرى فرانكلين قد بدأ حياته العلمية فى سن الأربعين ، وكان قبل ذلك مشغولا فى كسب قوته ، مما لم يدع له وقتاً كافياً للأعمال العلمية . ولما نجح فى الشئون المالية ووجد أن البحث عن الحقيقة يتفق وميوله ومواهبه قرر ، كما جاء فى مذكراته ، أن يوقف أعماله وأن يقضى وقته فى إجراء التجارب. وما كاد يترك أعماله حتى اجتاحت الوطن أزمة كبرى ، فترك بحوثه العلمية جانباً لكى يشترك فى الدفاع عن فيلادلفيا . ومنـذ ذلك الوقت ، وإلى أن مات ، لم يكن يجرى تجاربه العلمية إلا فى أوقات فراغه . ولم يكف قط عن خدمة مدينته ووطنه . وعندما بلغ

من العمر ٨١ عاماً ، وبعد انتهاء عمله فى باريس ، وكان يستعد للعودة إلى وطنه أمريكا ، كتب فرانكلين إلى أعز صديق عالم كان راسله وهو الطبيب الهولاندى جان انجن هاوس ، بأنه قد أصبح مرة أخرى رجلا حراً « بعد خمسين عاماً قضيتها فى الشئون العامة ». وكان يرجو أن يذهب معه صديقه إلى أمريكا حيث « يمكننا ، فيما تبقى لى من العمر ، أن نجرى معاً الكثير من التجارب » . ولكنه ، للأسف ، لم يستطع تحقيق هذا الأمل ، فلم تكن الأيام التى تنتظره هى أيام السعادة فى استجلاء الطبيعة ، ولكن أيام الإجهاد والتعب فى وضع الدستور . وقبل ذلك بوقت طويل كان أمام فرانكلين أن يختار أحد طريقين ، إما طريق الفيلسوف الهادىء وإما « الرجل الذى يعمل فى الشئون العامة » . ولم يتردد فرانكلين فى اختيار مصيره وقال : « لو كان نيوتن قائداً لمركب واحد لما بررت له أبدع كشوفه ترك دفة القيادة فى ساعة خطر واحدة ، فما بالكم بمصير الكومونويلث كله » .

وإننا إذ نقرأ هذه السطور اليوم لا يسعنا إلا أن نذكر علماءنا الذين تركوا أبحاثهم الخاصة فى أثناء الحرب الأخيرة لكى يخدموا وطنهم . ولكن هناك فارقا جوهريا بين الحالتين ، ذلك أن فرانكلين كان العالم الأمريكى المشهور الوحيد ، بل العالم الوحيد ذا السمعة العالمية ، ومع ذلك فقد رأى أنه يستطيع تقديم خدمة أكبر لبلاده

بالسفر إلى الخارج للدفاع عن حقوقها ، أكثر مما لو طبق خبرته العلمية فى تصميم أجهزة جديدة للتدمير . ومع ذلك فقد كانت مكانة فرانكلين العلمية من العظمة — وهو الذى يلقب بنيوتن عصره — لدرجة أن البعض قد ظن أن الرجل الذى تمكن من تسخير البرق سوف يستخدم مواهبه لصنع سلاح رهيب جديد . وكتب هوراس والبول عام ١٧٧٧ يقول « إن الفلاسفة الطبيعيين يعتقدون أن الدكتور فرانكلين قد اخترع آلة فى حجم علبة الثقاب ومواد يمكنها أن تحيل كاتدرائية سانت پول إلى حفنة من الرماد » .

لقد تناولت الأعمال العلمية التى أنجزها بنيامين فرانكلين ميادين مختلفة ، منها دراسات تعتبر الأولى من نوعها فى التوصيل الحرارى ، ونشأة العواصف ، وغيرها . إلا أن أكبر أعماله كانت فى الكهرباء . ولقد اهتم بالكهرباء الإستاتيكية ، وهو علم الكهرباء الساكنة أو التى تتحرك فى انتفاضات سريعة مفاجئة . وكانت الحقائق المعروفة عن هذا الموضوع ، قبل فرانكلين ، ضئيلة ولم تكن تفسيراتها مرضية . وعندما ترك هذا الميدان ، كان السجل حافلا بمجموعة من البيانات والمشاهدات الجديدة . ولقد قامت نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بجمع هذه الحقائق وربطها ، وبذلك مهدت الطريق أمام مزيد من التقدم فى المستقبل .

* * *

إن نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بسيطة ومباشرة، وتقوم على فكرة رئيسية وهى أنه توجد « مادة مشتركة » تتكون منها الأجسام، هى « المادة الكهربية »، أو إذا استخدمنا مصطلحات القرن الثامن عشرة « السائل الكهربى » أو « النار الكهربية ». وتحتوى جميع الأجسام فى الحالة العادية على كمية ثابتة من السائل الكهربى. ولكن جسما ما، تحت ظروف معينة، قد يكتسب مزيدا من السائل الكهربى أو يفقد بعضا من رصيده منه. وفى هذه الحالة « يتكهرب » الجسم أو « يشحن » فى الحالة الأولى، عندما يكون بالجسم فائض من السائل الكهربى، يطلق فرانكلين على الشحنة اسم « موجب » أو « زائد »، وذلك دليل على أن شيئا قد أضيف إليها؛ وفى الحالة الثانية، يطلق عليها اسم « سالب » أو « ناقص » لكى يدل على أن شيئا قد فقد. وعندما ندلك قضيبا من الزجاج بقطعة من قماش الحرير، فإن الزجاج يكتسب مزيدا من السائل الكهربى وتصبح شحنته زائدة أو موجبة. وأكد فرانكلين أن الكهرباء لم تخلق بالاحتكاك، كما كان يعتقد كثير من معاصريه، ولكنها فى الواقع أعيد توزيعها بعملية الدلك. فإذا اكتسب الزجاج مزيدا من السائل فلا بد أن يفقد الحرير نفس الكمية، وبذلك يكتسب شحنة سالبة بنفس المقدار. ونحن اليوم نطلق على هذا اسم قانون « عدم فناء الشحنة ».

ولقد أوضح فرانكلين نظريته وشرحها بالتجربة التالية . أجلس رجلين على مقعدين زجاجيين منعزلين وشحن أحد الرجلين بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة . وعندما تلامست أيدى الرجلين ، فقد كل منهما شحنته لأن الفائض من شحنة أحدهما عوض النقص فى شحنة الآخر . فإذا لمس رجل ثالث أى من الرجلين المشحونين انبعثت شرارة كهربائية وأصيب بصدمة لأنه كان لديه كمية من السائل الكهربى أكبر نسبيا من الرجل ذى الشحنة السالبة وأقل من الرجل ذى الشحنة الموجبة .

وكانت هذه التجربة إثباتا بسيطا دراماتيكيا لفكرة فرانكلين القائلة بأن الكهرباء عبارة عن سائل واحد . ومنذ بضع سنوات فقط كتب ج . ج . تومسون ، الذى كشف عن الخواص الأساسية للإلكترونات المتحركة ، يقول : « من العسير أن ننكر أو نقلل من قدر الخدمة التى أدتها نظرية السائل الواحد لفرانكلين لعلم الكهرباء ، وذلك لأنها وجهت البحوث ونسقتها » .

ولكى ندرك أهمية نظرية فرانكلين فى التطبيق ، سوف نذكر مجموعتين من تجاربه كان لهما مغزى خاص . الأولى تبدأ بإحدى الحقائق العديدة التى اكتشفها فرانكلين فى مبدأ الأمر والتى تعتبر الآن إحدى حقائق العلم الأساسية وهى « التأثير العجيب للأجسام

المدببة فيما يتعلق « بسحب » و « إطلاق » « النار الكهربية ». فقد وجد فرانكلين أنه إذا وضع جسماً مدبباً مثل الإبرة بالقرب من جسم مشحون ومعزول ، فإن الإبرة تسحب الشحنة من الجسم ، ولكنها لا تفعل ذلك إلا إذ كانت متصلة بالأرض ، أى إذا كانت متصلة باليد أو متصلة بسلك واصل إلى الأرض ، أما إذا غرزت الإبرة فى الشمع أو جسم عازل فإنها لا تسحب الشحنة الكهربية . وقد وجد أيضا أننا إذا حاولنا شحن جسم معدنى ذى طرف مسنن أو مدبب فإن الجسم « يطلق الشحنة » بنفس السرعة التى يكتسبها . وكشف أيضا أن الجسم المشحون يفقد شحنته إذا نخلنا فوق سطحه رملا ناعما ، أو إذا تنفسنا فوقه . أو إذا أحرقنا شمعة بالقرب منه أو إذا أحطناه بالدخان .

* * *

ظن كثير من الناس ، قبل أن يجرى فرانكلين بحوثه بحوالى خمسين عاماً ، أن البرق له ، فى الغالب ، طبيعة كهربية ، ولكن ما يميز فرانكلين عمن سبقوه هو أنه تمكن من تصميم تجربة لاختبار صحة هذا الفرض . صنع نموذجاً صغيراً يوضح كيف أن شرارة كهربية قد تنطلق بين سحابتين مشحونتين أو بين سحابة والأرض . ثم إنه طالما يمكن لموصل مدبب صغير أن يسحب

الشحنة الكهربية من جسم عازل ومشحون فى المعمـــل ، فإنه من الممكن جداً لموصل مدبب كبير قائم على الأرض أن يسحب الكهرباء من إحدى السحب المارة فى السماء . وقد أوحى هذا لعقله النشط أن « هذه المعرفة لقوة هذه الأطراف قد تكون ذات فائدة للإنسان ، فى حفظ المنازل والكنائس والبواخر وغيرها من ضربة البرق ، وذلك بأن نقيم ، فوق أعلى جزء من هذه المبانى قضباناً من الحديد حادة كالإبر ، ومطلية لمنع الصدأ ، ونربط بأسفلها سلكا يصل خارج البناء إلى الأرض أو ينزل حول أحد أبراج السفينة حتى يلامس الماء .

وصف فرانكلين التجربة التى اقترح إجراءها لاختبار صحة فرضه فى الكلمات التالية : « فوق قمة برج عال ضع نوعاً من أكشاك الحراسة . . . من الكبر بحيث يتسع لرجل وحامل كهربى . ومن منتصف الحامل مرر قضيباً حديدياً ثم اثنه خارج باب الكشك لكى يصل قائماً إلى ارتفاع ٢٠ أو ٣٠ قدما وبحيث يكون مدبباً جداً فى طرفه الأعلى . فإذا بقى الحامل الكهربى نظيفاً وجافاً فإن الرجل الواقف فوقه ، عندما تمر مثل هذه السحب المنخفضة ، قد يشحن بالكهرباء وتنبعث منه شرارات كهربية ، إذ يسحب له القضيب النار (الكهربية) من السحابة . فإذا خفنا أن يتعرض الرجل

للخطر (ولو أنى أعتقد أن ذلك لن يحدث) فلندعه يقف فوق أرضية الكشك ، ثم نلف حول القضيب من آن لآخر حلقة من السلك يتصل أحد طرفيها بالأسلاك الكهربية ويمسك الرجل بالطرف الآخر عن طريق مقبض من الشمع ، بحيث تمر الشرارة إذا تكهرب القضيب منه مباشرة إلى السلك ولا تؤثر فى الرجل .

وكان أول من أجرى تجربة « كشك الحراسة » الشهيرة رجل يدعى داليبار فى فرنسا فى العاشر من شهر مايو عام ١٧٥٢ ، وكان قد ترجم كتاب فرانكلين إلى الفرنسية بناء على رغبة العالم الطبيعى چورج دى بوفون (وقد أعجب الملك لويس الخامس عشر بكتاب فرانكلين لدرجة أنه أمر أن تجرى بعض التجارب التى جاء ذكرها فى الكتاب أمامه) . ثم أعيدت هذه التجربة فى إنجلترا بعد ذلك بقليل . ثم ازداد عدد الناس الذين أثبتوا صحة فرض عالم مدينة فيلادلفيا . وقام أحد رجال الصناعة البريطانية بالإعلان عن بيع آلة جاهزة « لإجراء التجربة التى أثبتت صحة نظرية فرانكلين الجديدة عن البرق » . ولم يجر فرانكلين التجربة بنفسه لأنه كان يعتقد أنه لابد من بناء مرتفع لإجرائها فوقه وكان ينتظر الانتهاء من بناء البرج العالى فوق كنيسة المسيح فى فيلادلفيا . وبعد أن طبع الكتاب ، ولكن قبل أن تصل أنباء نجاح تجربة داليبار

فى أوروبا . فكر فى مشروع الطائرة الورق كبديل للبناء للعالى ثم أجرى التجربة عليها .

* * *

وضع فرانكلين تصميم تجارب وأجهزة أخرى لاختبار شحنة السحب ، وكان من ألطفها ذلك الزوج من الأجراس الذى وضعه فى مكتبه ، وأوصل أحد الجرسين بسلك إلى الأرض والآخر بقضيب موضوع فوق السطح ، وعلق كرة بين الجرسين ، فإذا مرت سحابة مشحونة بالكهرباء فوق المنزل فإن الكرة تتحرك وتضرب الجرسين . ولقد أوضحت دراسات فرانكلين الدقيقة أن السحب قد تحمل شحنات موجبة أو سالبة ، واستنتج من ذلك أن البرق يمر من الأرض إلى السحاب بقدر ما يمر من السحاب إلى الأرض . ولم تتأيد صحة هذه النظرية إلا فى وقتنا الحاضر بواسطة البحوث التى قام بها ب . ج . ف . شونلاند ومساعدوه فى جنوب إفريقيا .

واكسبت هذه الدراسات للبرق أو ذلك الاختراع للقضيب المانع للصواعق ، فرانكلين شهرة عالمية ، ولكن العلماء المعاصرين له كانوا أشد إعجابا بتحليله للمكثف الكهربى ، وهو العمل الذى توج شهرته العلمية .

وكان المكثف ، بالشكل الذى عرف به فى القرن الثامن عشر ، عبارة عن وعاء زجاجى تغلفه من الخارج صفيحة معدنية ومملوء بكرات معدنية صغيرة أو الماء أو صفيحة معدنية . والوعاء مغطى بغطاء خشبى يمر منه قضيب فى طرفه الأعلى كرة ومعلق من طرفه الأسفل سلسلة معدنية تنغمس فى الماء أو الكرات المعدنية . وكان يسمى هذا الجهاز ، الذى اخترع عام ١٧٤٠ ، « وعاء لايدن » ، لأن أحد الذين اكتشفوه ، كان بيترفان موسشنبروك الأستاذ فى لايدن . والصفة الرئيسية للمكثف هى أنه عبارة عن عازل (مثل الهواء أو الزجاج أو الشمع أو الورق) بين سطحين موصلين متصلين اتصالا وثيقاً بالعازل . وفى أول وعاء لايدن كان الموصل الداخلى هو الماء والعازل هو الزجاج والموصل الخارجى هو يد أحد الرجال . وقد طور موسشنبروك هذا الوعاء بينما كان يجرى بعض التجارب على آلة كهربية تشحن كرة زجاجية تدور ، وذلك بدلكها فى يد الشخص الذى يقوم بالتجربه . وكان ينقل الشحنة إلى ماسورة بندقية معلق فى طرفها سلك منغمس جزئيا فى وعاء زجاجى مستدير مليء بالماء . وعندما أمسك موسشنبروك بالوعاء فى يده اليمنى وحاول أن يسحب شرارة كهربية من ماسورة البندقية بيده اليسرى « أصيبت بشدة لدرجة أن كل جسمى قد اهتز كما لو كان قد صعق ، واعتقدت أننى انتهيت » .

وكان المكثف جهازاً رائعا ، وبجعله أكبر وأكبر فى الحجم ، كان من الممكن الحصول منه على صدمات كهربائية أشد وأقوى . ومن الجلى أن الكهرباء كانت تتراكم فيه بشكل أو بآخر . وكان من الممكن ، لسبب غير معروف بالدقة ، ونتيجة تركيبه الخاص ، أن تتراكم فيه كمية من الكهرباء تفوق الكمية التى يمكن أن تتراكم فى أى شيء آخر يماثله فى الحجم . وكان الاعتقاد السائد ، وقتئذ ، أن السائل أو السوائل الكهربية ، تتكثف بداخله . كتب موسشنبروك خطابا وصف فيه تجربته ونشر هذا الخطاب فى « مذكرات » أكاديمية العلوم الفرنسية ، وأنهى خطابه بالتصريح المشهور وهو أنه لن يتلقى أبدا مثل هذه الصدمة حتى ولو نال فى سبيل ذلك ملك فرنسا . وأدى ذلك إلى أن ينقده بريستلى علنا ويطلق عليه اسم « الأستاذ الجبان » . ويقارن بينه وبين « مستربوز الشجاع ، الذى نادى بفلسفة بطولية جديرة بإمبيذوقليس الشهير ، وكان قد عبر عن استعداده لأن يموت بالصعقة الكهربية ، مقدما بذلك مادة لمقالة فى مذكرات أكاديمية العلوم الفرنسية » . ثم أشار بريستلى إلى شخص يدعى ريتشمان ، كان قد قتل فى أثناء إجراء تجربة فرانكلين عن كشك الحراسة ، وعلق على ذلك قائلا : « ليس من نصيب كل كهربائى أن يموت ميتة

ريتشمان التى استحق أن يحسد عليها » .

* * *

وكان جميع علماء الكهرباء فى أوروبا يعجبون ويتساءلون عن الطريقة التى يعمل بها وعاء لايدن . كتب بريستلى : « إن كل شخص شغوف بأن يرى ، بل وأن يلمس التجربة ، رغم الحادث الفظيع الذى وقع » . وقد أرضى الجهاز الجديد شغف البلاط الفرنسى بالعلم وحبه للمظاهر ، وجعل مائة وثمانين جنديا من جنود الحرس يقفزون فى الهواء بدقة فاقت دقة جنود الحرس فى القيام بأية مناورات . وأمسك سبعمائة من رهبان باريس أيدى بعضهم البعض ثم أفرغت شحنة وعاء لايدن فيهم فقفزوا فى الهواء بتوقيت دقيق فاق دقة أحسن راقصى الباليه . وتكونت فرق للعروض الكهربية وجالت فى أنحاء العالم تجمع الثروات .

ولقد أوضحت الدراسات الدقيقة لموضوع المكثف الذى دار حوله جدل كثير ، أن فرانكلين كان أستاذا قديراً فى فن إجراء التجارب العلمية ، إذ أثبت أن شحنة الموصل الداخلى تكون دائما عكس شحنة الموصل الخارجى وأن الشحنتين متساويتان فى الكمية ، أى أنه عند شحن الوعاء يكتسب أحد الموصلين نفس كمية « السائل الكهربى » التى يفقدها الآخر . وكتب فى هذا الصدد :

« وفى الحقيقة أن الوعاء (لايدن) لا يحتوى كمية أكبر من النار الكهربية بعد شحنه ، ولا كمية أقل بعد تفريغ الشحنة » .
ولكى يبرهن على قوله هذا ثبت سلكا فى الغطاء المعدنى الخارجى لوعاء لايدن ووضعه بحيث يكون قريباً من الكرة المتصلة بالماء داخل الوعاء ، ولكنه ليس من القرب بحيث يولد شرارة عندما يشحن الإناء . ثم وضع الوعاء على حامل عازل عبارة عن قطعة من الشمع وعلق قطعة من الفلين فى خيط بين السلك والكرة . ولاحظ أن قطعة الفلين « تتراقص بدون توقف من طرف إلى الآخر ، إلى أن يفقد الوعاء ما به من كهرباء » . أى أن قطعة الفلين كانت تنقل الشحنة من الموصل الموجب إلى الموصل السالب حتى عاد التعادل بينهما .

وقد أوضح فرانكلين أن أهم شىء هو « أن قوة الزجاجة وقدرتها على إعطاء صدمة كهربية ، تكمن فى الزجاج نفسه » ولكن كيف يمكنك ، أيها القارئ ، أن تثبت أين « تكمن قوة الوعاء » . إن كل تلميذ يعلم اليوم أن الأسلوب الوحيد لذلك هو اختبار كل جزء من الجهاز على حدة ، ومعرفة الدور الذى يؤديه . ولكن من الواضح أن هذه القاعدة البسيطة لم تكن تعتبر أمراً بديهياً فى أيام فرانكلين ، وذلك نظرا لفشل معاصريه فى القيام بهذا النوع من التحليل الذى اتبعه فرانكلين لدراسة هذا الموضوع .

لقد شحن فرانكلين وعاء لايدن موضوعاً فوق زجاج ثم سحب بحذر قطعة الفلين والسلك الساقط منها فى الماء ثم أمسك بالوعاء فى إحدى يديه وقرب اليد الأخرى من فوهة الوعاء. «فخرجت من الماء شرارة كبيرة، وكانت الصدمة عنيفة كما لو كان السلك مازال مغموسا فى الماء مما أثبت أن القوة لا تكمن فى السلك». فإذا لم تكن القوة فى السلك فلعلها تكون فى الماء ذاته. وأعاد فرانكلين شحن وعاء لايدن ثم أعاد سحب قطعة الفلين، كما فعل فى المرة السابقة، ثم سكب الماء بحذر فى وعاء لايدن آخر فارغ موضوع على مثل الوعاء الأول فوق جسم زجاجى عازل. ولكن الوعاء الثانى لم يكتسب أية شحنة بعد هذه العملية. وكتب فرانكلين: «فاستنتجنا من ذلك أن [الشحنة أو القوة] إما أن تكون قد فقدت فى أثناء صب الماء وإما أنها بقيت فى الوعاء الأول. وقد وجدنا الاحتمال الأخير هو الصحيح، وذلك لأن الوعاء الأول أعطى صدمة كهربية حتى بعد أن ملىء وهو فى وضعه فوق العازل بكمية من الماء غير المكهرب من إناء الشاى».

ومن هذا يتضح أن العنصر الرئيسى هو الزجاج أو العازل الموجود بين الموصلين فى وعاء لايدن. ولكن بقى إثبات ما إذا كان «الزجاج يمتلك هذه الخاصية باعتباره مجرد زجاج، أم أن [الوعاء] قد أسهم فى هذا الأمر».

وكان القسم التالى من التجربة هـــو اختراع المكثف ذى اللوحين المتوازيين ، فقد وضع فرانكلين قطعة كبيرة من الزجاج بين لوحين مربعين من الرصاص متساويين فى المساحة ولكنهما أصغر قليلا من مساحة الزجاج . وعندما شحن هذا المكثف أزال فرانكلين لوحى الرصاص اللذين كان عليهما كمية صغيرة من الشحنة ، ولاحظ أنه يمكن توليد شرارة كهربية فى الزجاج من أية نقطة يلمس فيها . وعندما أعيد لوحا الرصاص الخاليان تقريباً من الشحنة إلى موضعيهما على جانبى الزجاج ، ثم وصلا بسلك « تولدت شرارة عنيفة » . وعندما تجرى هذه التجربة اليوم أمام التلاميذ فإنها تسمى « تجربة المكثف ذى الأجزاء المنفصلة » . وتفسر بأن العازل — أو الزجاج — قد استقطب فى أثناء شحنه ، أى أنه صار مكهربا . وهناك بعض أنواع من الشمع يمكن أن تستقطب بهذا الشكل بمجرد تسخينها ثم إعادة تبريدها . ومثل هذا الجسم المكهرب إما أن يعطى من نفسه كمية ضئيلة من الشحنة وإما لا يعطى أية شحنة على الإطلاق ، ولكن إذا وضعنا موصلين على جانبيه ، فإننا نحصل على مكثف مشحون يمكن تفريغ شحنته كأى مكثف آخر . وهناك حقيقة أخرى اكتشفها فرانكلين وتدرس للطلبة اليوم ، وهى أن الصدمة الكهربية التى يعطيها

المكثف ذو العازل الرفيع أكبر من الشحنة التى يعطيها المكثف ذو العازل السميك .

وكانت تجربة فرانكلين عن قطعة الفلين المتأرجحة بين الموصلين تحمل فى طياتها بذرة فكرة عظيمة لم يدركها فرانكلين ذاته ، فنحن نعلم اليوم أن المكثف لا يفقد شحنته دفعة واحدة ، ولكن فى سلسلة متتالية من الذبذبات ، وهى حقيقة فى غاية الأهمية بالنسبة لعلم اللاسلكى وعلم الإلكترونيات الحديث .

ولقد سجلت تجارب فرانكلين الفريدة ونظرياته الرائعة بدء عهد جديد فى علم الكهرباء ، فقد اكتشف ما يعرف اليوم باسم تأثير فاراداى ، وهو أن الشحنة التى على جسم أسطوانى (أو كرة فارغة) تكون على سطحها الخارجى فقط . ولم يستطع فى مبدأ الأمر تفسير هذه الظاهرة . ولكن جاءه الجواب فيما بعد وهو أن « السائل الكهربى يتنافر ذاتيا ، وأن تناسق الموصل يؤدى إلى أن يوزع السائل نفسه على السطح الخارجى . ومن هذا التفسير ، توصل چوزيف بريستلى صديق فرانكلين إلى أن قانون الفعل الكهربى لابد أن يتبع قانون التربيع العكسى تماماً مثل قانون الجاذبية . ومع أن هذا الاستنتاج كان قد نشر إلا أن أحداً لم ينتبه إليه وبقى مجهولا لكى يعيد تشارلس كولوم اكتشافه بعد عشرات

السنين ولكى يطلق عليه اسم « قانون كولوم » .

غير أن هناك مزية أخرى لنظرية فرانكلين ، وهى سهولة إجراء القياسات ، إذ ركزت الانتباه على كمية « السائل الكهربى » أو الشحنة التى يكتسبها أو يفقدها الجسم . وعند إجراء تجربة على جسمين فإنه لا يهم أى الجسمين يستخدم لأن قانون عدم فناء الشحنة لفرانكلين يعنى أن كمية الشحنة التى يكتسبها أحد الجسمين تساوى كمية الشحنة التى يفقدها الآخر . وقد بنى علماء الكهرباء الذين كانوا أول من أجرى قياسات الكمية الكهربية — من أمثال ڤولتا وبنيت وكانتون وكاڤنديش وهينلى — بنوا هذه القياسات على نظرية فرانكلين عن السائل الواحد وعلى قانون عدم فناء الشحنة المستمد من هذه النظرية .

* * *

وكثيراً ما يقال إن فرانكلين كان أمريكيا تماما فى معالجته للعلم ، أى أنه يهتم أساسا ، إن لم يكن كلية ، بالاستفادة من تطبيقاته . وصحيح أنه عندما كشف أثر الموصلات المدببة المتصلة بالأرض ، طبق هذا الكشف فى اختراع مانعة الصواعق ، ولكنه لم يكشف هذه الحقائق لكى يخترع مانعة الصواعق . والواقع أن اختراعات فرانكلين كانت من نوعين ، أحدهما لمجرد التطبيق ، مثل اختراعه

للزجاج ذى البؤرتين ، والذى لم يكن يحتاج إلى معرفة عميقة للنظريات الضوئية ، وكذلك اختراعه جهازاً لإحضار الكتب من الأرفف دون الوقوف فوق أحد الكراسى . ومن الناحية الأخرى فإن اختراع مانعة الصواعق تطور عن طريق البحث العلمى الحديث . ولو كان فرانكلين قد اقتصر على معالجة العلم بشكل تطبيق وانتفاعى لكان من المشكوك فيه أن يدرس موضوع الكهرباء على الإطلاق ، ففى القرن الثامن عشر لم يكن هناك سوى تطبيق عملى واحد للكهرباء ، ألا وهو استخدام الصدمات الكهربية فى العلاج ، وبالذات فى علاج الشلل . (ومع العلم بأن فرانكلين قد اشترك أحياناً فى مثل هذا العلاج إلا أنه لم يكن يؤمن أن الصدمة نفسها كانت تسبب علاج المريض بالشلل ، ولكن بصيرته النفاذة ، وإلمامه بعلم النفس ، جعلاه يدرك أن حالات الشفاء إنما تتم لرغبة المريض فى الشفاء أكثر منها بسبب مرور السائل الكهربى) .

لقد درس فرانكلين الطبيعة رغبة منه فى استجلاء أسرارها ، واختار علم الكهرباء الإستاتيكية لأن المصادفة جلبت له الأجهزة التى يمكنه بوساطتها دراسة هذا الموضوع ، ولأنه سرعان ما أدرك أن هذه الدراسات تتفق وميوله ومواهبه .

جاء فى نهاية إحدى رسائله العبارات التالية المليئة بالتواضع التى يجدر أن يتخذها المشتغلون فى البحث العلمى نبراسا لهم :

« إن كثيراً من هذه الأفكار ، ياصديق العزيز ، فجة وفيها تسرع ، ولو كنت طموحا لاكتساب الشهرة فى الفلسفة (يعنى الفلسفة الطبيعية ، أو العلوم) لوجب على أن أحتفظ بهذه الأفكار لنفسى حتى أصححها بمرور الزمن وبإجراء مزيد من التجارب . ولكن لما كانت الإشارات العابرة والتجارب الناقصة فى أى فرع جديد للعلم تؤدى، عند تناقلها ، إلى نتائج وآثار طيبه ، وذلك بإثارة شغف النابهين إلى الموضوع . . فإنك فى حل من إطلاع من تحب على هذه الرسالة . وإنى أفضل أن تزداد المعرفة عن أن يقال إن صديقك فيلسوف دقيق » .

وباكتشاف الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات تساءل كثير من كتاب هذا العصر عما إذا كانت نظرية فرانكلين عن السائل الواحد أقرب للمفهوم الحديث للكهرباء أم نظرية معاصريه عن السائلين ، وفى رأيى أن هذه المناظرات لا معنى لها وأن هذا الجدل لا قيمة له ، فإن أهمية الأعمال التى أداها فرانكلين لعلم الكهرباء لا تكمن فى درجة شبهها لهذه النظريات الحديثة ، ولكنها تكمن فى تأثير بحوثه على فتح الطريق الذى أدى بنا إلى التوصل للنظريات الحديثة .

وفى الوقت الذى قام فيه فرانكلين بدراساته ، كان العلم واقعا تحت تأثير إسحاق نيوتن ، الذى أوضحت تعاليمه ونظرياته أن حركة

العالم يمكن تفسيرها بوساطة قوانين رياضية بسيطة . وقد أقنع نيوتن كل الناس تقريبا بأن الرياضيات والقوانين الرياضية هى الحل الوحيد والمفتاح لفهم الطبيعة . غير أن كثيرا من الناس نسوا أن تطبيق التحليل الرياضى على حركة الأجرام السماوية وفوق الأرض صار ميسورا لأن الحقائق كانت قد جمعت وصنفت ، وكانت فى حالة يمكن لعبقريته الفذة أن تصنع منها أعظم تخليقات العصر العلمى الحديث . أما بالنسبة للضوء ، فإن نيوتن لم يصنع ما صنعه فى علم الميكانيكا ، كما لم يستطع أن يضع كشوفه « الكمية أو النوعية » فى قالب قوانين رياضية عامة . كان نيوتن فى علم الضوء أحد الجهابذة الذين وقف على أكتافهم بعض المخلقين ممن خلفوه . وعلى العكس من كتاب « البرنكيبيا » الذى وضع له نيوتن الشعار التالى : « أنا لا أضع فروضا » ، فإن كتابه « البصريات » يحتوى على مجموعة طويلة من « التساؤلات » التى ناقش فيها التفسيرات المحتملة لمشاهداته . وهذه تشبه تخمينات فرانكلين عن الظواهر الكهربية . ففى عصر فرانكلين لم تكن حالة علم الكهرباء تسمح بوضع تفسير رياضى شامل ، تماما كما كانت حالة علـــم الضوء فى عصر نيوتن ، وكان العلم فى حاجة إلى جهابذة يقومون بالكشف عن حقائق الشحنة ، والتوصيل ، والتوصيل الأرضى ، والعزل وتأثير شكل الموصلات ، وغيرها ، جهابذة يصنعون نظرية قابلة

لتفسير هذه الظواهر وتوحيدها بحيث تجذب الانتباه إلى العناصر الرئيسية التي يمكن قياسها . ولقد مهد نجاح فرانكلين الطريق أمام نظريات القرن التاسع عشر الرياضية .

ولكن الأهم من ذلك ، أن تمكنه من فن إجراء التجارب ، وتفسيراته الناجحة المتماسكة التي عبر عنها في عبارات فيزيائية ومفاهيم بسيطة ، والحقائق الكثيرة الجديدة التي كشف عنها النقاب، أعطت علم التجربة شرفاً جديداً في أعين معاصريه في القرن الثامن عشر .

كتب الفيلسوف الفرنسي ديدرو ، في رسالة عن تفسير الطبيعة ، أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء ، مثل أعمال الكيمائيين ، يمكن أن تعلم الإنسان طبيعة فن التجربة وأسلوب استخدام التجارب في البحوث لكشف النقاب عن الطبيعة دون مضاعفة خباياها .

وبمثل هذا الفهم ، آمن معاصرو فرانكلين به باعتباره نيوتن الجديد ، وكان هذا أول عمل عظيم تقدمه أمريكا للتفكير العلمي . وفي ضوء هذه الحقائق لا يبقى شك في مكانة فرانكلين العلمية ولا في حقه في أن يعتبر أول عالم أمريكي .



ميخائيل فاراداى

بقلم: هربرت كوندو

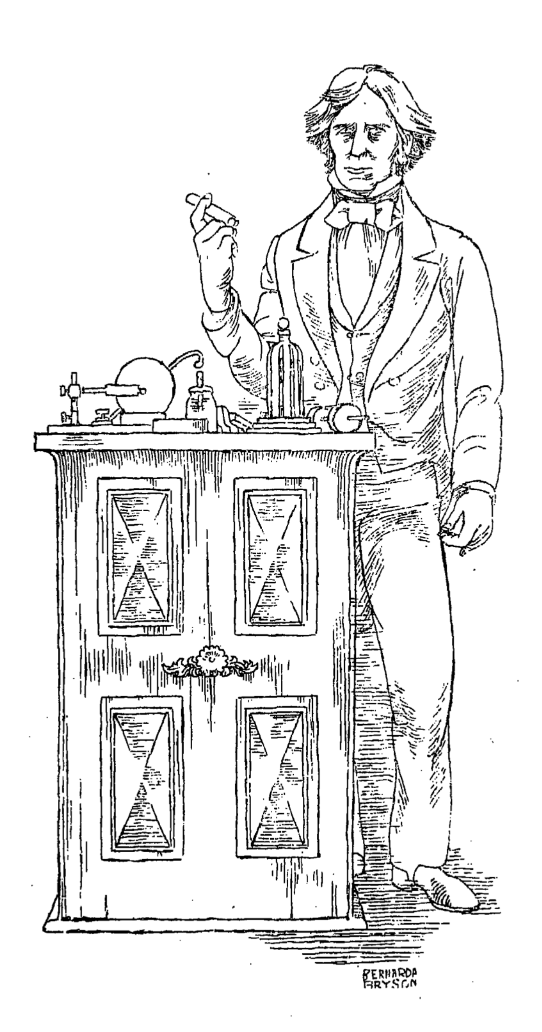
يشتهر ميخائيل فاراداى بأنه صاحب التجارب التى أدت إلى كشف كهرباء الحث . ويتجاهل التاريخ أنه كان أيضا أحد عظماء مؤسسى الفيزياء الحديثة . ويقينا يمكننا القول بأنه الرجل الذى بدأ الثورة التى حطمت حكم نيوتن الطويل والتى أعادت بناء الفيزياء على أسس نظرية جديدة ، وذلك لأن فاراداى كان العالم الأول الذى اقترح فكرة المجال ، وهو المفهوم الذى أصبح فيما بعد الركن الأساسى فى نظرية چيمس كلارك ماكسويل الكهربية المغناطيسية ، والنظرية العامة لألبرت أينشتين عن النسبية ، وتقدم القرن العشرين نحو فهم حقائق الطبيعة .

ومما يدعو إلى العجب فى هذا المجال أن إلمام فاراداى بالرياضيات كان ضئيلا ، ولم يتعد فى دراسته المرحلة الإبتدائية ، الشىء الذى يجعل كثيرا من علماء الفيزياء المعاصرين لا يتصورون كيف أتم أعماله العظيمة . والحقيقة أن جهل فاراداى بالرياضيات ساعد فى إلهامه ،

واضطره حين كان يبحث عن نفسير للظواهر الكهربية والمغناطيسية التي يشاهدها ، إلى وضع وتطوير مفهوم بسيط غير رياضى . ولعل كشفه لنظرية المجال يوضح صفتيه اللتين عوضتا نقص تعليمه ألا وهما خياله الرائع ، واستقلال وأصالة تفكيره .

وقد أكد المؤرخون قدرات فاراداى العقلية الجبارة وتعلقه الكبير بتجاربه العلمية . ومن حسن حظ مؤرخيه ، أنه كتب كل شيء عن حياته ، فمذكراته وملاحظاته نشرت فى سبعة مجلدات . وكان اهتمامه مركزاً على علمى الفيزياء والكيمياء . وكان اهتمامه بالنساء قليلا (ولو أنه تزوج) واهتمامه بالمال أقل . وكان فى إمكانه أن يحصل على ثروة هائلة من كشوفه ولكنه كان يتعمد أن يترك كل مشروع علمى عندما يصل إلى مرحلة القيمة التجارية . والواقع أن فاراداى ولد فقيرا ، ومات فقيرا ، وكان عمله الذى استغرق حياته خير مكافأة له .

ولد فاراداى من أب يعمل حدادا ، بالقرب من لندن فى ٢٢ سبتمبر عام ١٧٩١ . وكانت عائلته فقيرة فلم يستطع أن يتم تعليمه . جاء فى مذكراته : « كان تعليمى من النوع العادى جدا ، لا يتعدى الإلمام بالقراءة والكتابة والحساب ، فى إحدى المدارس الصباحية العامة . وكنت أقضى وقتى خارج المدرسة إما فى المنزل وإما فى الشارع » . وفى سن الثالثة عشرة اشتغل ساعيا فى ورشة لتجليد


BERNARDA
BRYSON

الكتب يديرها رجل يدعى ريبو . وبعد سنة عينه ريبو كصبى فى عملية التجليد بعقد لمدة سبع سنوات . ولقد أبدى فاراداى شغفاً كبيرا بكتب ريبو . وكتب فى مذكراته : « عندما كنت أعمل صبيا ، شغفت بقراءة الكتب العلمية التى كانت تقع فى يدى ، ومن بينها كتاب ما رسيت « مناقشات فى الكيمياء » ، وما جاء فى الموسوعة البريطانية عن الكهرباء . ثم حضر فاراداى بعض المحاضرات عن الكيمياء التى كان يلقيها العالم الشهير سير همفرى داڤى ، ودون عنها مذكرات دقيقة ومرتبة . ثم قدم طلبا لكى يعمل فى الجمعية الملكية ، ورفض هذا الطلب .

وعندما انتهت فترة تمرين فاراداى فى ورشة التجليد عام ١٨١٢ ، اشتغل مجلدا متجولا للكتب مع مسيو دى لاروش . ولكنه لم يكن سعيداً بهذا العمل ، ولذلك سرعان ما قدم طلبا للعمل إلى سير داڤى ، وقدم مع طلبه هذا مذكراته عن محاضرات الكيمياء كدليل على جديته . وكان داڤى رجلا حكيما وتأثر من هذه المذكرات فعين داڤى سكرتيراً له ، ولكنه فصله من خدمته ، بعد بضعة شهور ، ونصحه أن يعود إلى عمله فى تجليد الكتب . ولم يمض زمن طويل حتى غير داڤى رأيه وأعاد فاراداى إلى خدمته مساعداً لمعمله .

ومنذ ذلك الحين كرس فاراداى معظم وقته للعمل فى بحوثه العلمية . وبعد جولة استغرقت عامين فى أوروبا مع سير همفرى ، استقر فاراداى للعمل فى معمل دائم . وأجرى من التجارب فى الكيمياء ، والكيمياء الكهربية ، والتعدين ما كان يكفى لتثبيت سمعته كعالم ، فقد كشف البنزين ، وأنتج لأول مرة الصلب غير القابل للصدأ ، وكان أول من حوّل كثيراً من الغازات إلى سوائل ، وكشف قوانين التحليل الكهربى ، والدوران المغناطيسى لمستوى الضوء المستقطب . ولكن ما يهمنا فى هذا المجال هو عمله الأساسى فى الكهرباء المغناطيسية .

فى عام ١٨٢٠ ، أعلن عالم الفيزياء الدانمركى هانز كريستيان أورستد عن كشفه لوجود علاقة بين المغناطيسية والكهرباء ، فقد وجد أن مرور تيار مستمر فى سلك يسبب انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بالقرب من السلك . ولذلك فقد استنتج أورستد وجود مجال مغناطيسى محيط بالسلك الكهربى ، ويعمل على شكل حلقات حول السلك وعمودية عليه . وفى السنة التالية استبدل العالم الفرنسى أندريه مارى أمبير بالإبرة المغناطيسية سلكا آخرا يمر به تيار كهربى ، ولاحظ وجود قوة جذب أو تنافر مغناطيسى بين السلكين ، الأمر الذى كان يعتمد على إتجاه مرور التيار .

اهتم داڤى وفاراداى ، برغم انشغالهما بالبحوث الكيميائية ، بهذا الكشف الكهربى المغناطيسى الجديد ، وأعادا التجارب لكى يتأكدا من صحته . وفى نفس الوقت اقترح العالم الإنجليزى المرموق وليام هايد وولاستون على داڤى احتمال أن يؤدى المجال المغناطيسى إلى الدوران . وقد فسر فاراداى هذا بدوران السلك حور محوره ، ولكنه فشل فى الوصول إلى مثل هذه النتيجة . غير أنه سرعان ما توصل ، سواء منفرداً أو بعد سماعه بنظرية أورستد ، إلى التأثير الدائرى والعمودى للمجال المغناطيسى حول الموصل . ولذلك فقد تصور أنه إذا وجد قطب مغناطيسى متحرك فإنه لابد أن يدور حول الموصل ، وأن العكس لابد أن يكون صحيحاً ، أى أن الموصل ذاته لابد أن يدور أيضاً حول قطب مغناطيسى .

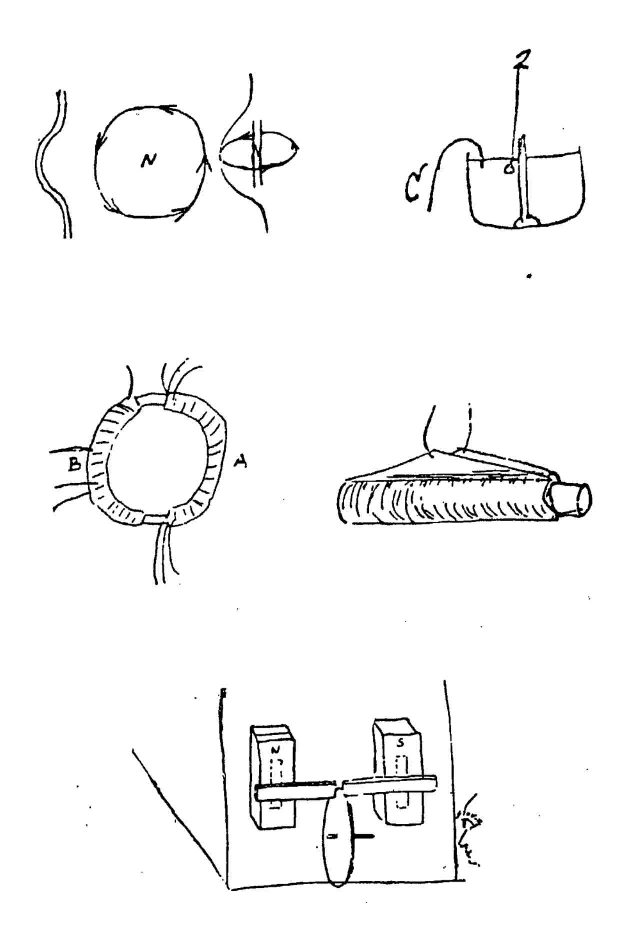
وبدأ فاراداى فوراً فى إجراء التجارب الشهيرة التى أدت إلى كشفه المبادئ الأساسية للمحرك الكهربى . وفى أول تجربة ثنى سلكا كهربيا على شكل « بنطة النجار » ومرر أحد طرفى السلك فى قطعة من الفلين عائمة فى حوض به زئبق ، وأوصل الطرف الآخر ببطارية بوساطة فنجان فضى مقلوب ، ثم وضع قضيبا مغناطيسياً فى الجزء المحنى من السلك ، وعندما مر التيار الكهربى فى الدائرة الكهربية دار الجزء المنحنى من السلك إلى أن اصطدم بالقضيب المغناطيسى الثابت . ثم طور فاراداى التجربة

بحيث يتمكن السلك من الدوران حول المغناطيس دون عائق ، فاستخدم قطعة مستقيمة من السلك يمر احد طرفيها بقطعة فلين طافية فى وعاء الزئبق . ولقد أدى مرور التيار الكهربى إلى دروان السلك المستمر حول المغناطيس . وعندما عكس اتجاه التيار ، دار السلك فى الاتجاه المضاد . وتبين الأشكال المرسومة فى صفحة ٢٢٤ الرسومات المبسطة لهاتين التجربتين التى رسمها فاراداى نفسه .

ثم استطرد فاراداى لإجراء التجربة العكسية لكى يرى ما إذا كان المغناطيس يدور حول موصل ثابت . وفى هذه الحالة كان القضيب المغناطيسى (وقد وضع ثقلا من البلاتين بطرفه الأسفل) يطفو بحرية فى الزئبق وكان السلك ثابتا . وكما توقع فاراداى دار المغناطيس حول السلك الذى يمر به التيار الكهربى .

وعندما نشر فاراداى نتائج هذه التجارب اتهم فى الحال باستخدام أفكار وولاستون دون وجه حق . والواقع أن فاراداى أساء تفسير رأى وولاستون وأخذه على أنه يعنى دوران السلك حول محوره . أما تجاربه ونتائجها فكانت من عنده . وبمضى الوقت زال سوء التفاهم ، ورشح فاراداى لعضوية الجمعية الملكية . وقد زكى وولاستون ترشيح فاراداى ، ولكن داڤى صوت ضده ، ولعل ذلك بسبب غيرته . ومع ذلك فقد انتخب فاراداى عضواً عام ١٨٢٤ .

وبعد ذلك ، ترك فاراداى تجاربه عن الكهربية المغناطيسية


N
Z
C
B
A
N
S

رسوم من مذكرات فاراداى تبين التقدم فى تجاربه الكهربية والمغناطيسية . فالرسم الأعلى إلى اليسار يبين كيف ثنى سلكا موصلا على شكل منحنى ، يطفو أحد طرفيه على قطعة فلين فوق زئبق ، ثم وضع قضيباً مغناطيسياً فى المنحنى ، مما سبب دوران السلك حول القضيب ، وهذه أول تجربة فى الدوران الكهربى لمغناطيس . ثم ثبت بعد ذلك المغناطيس رأسيا فى حوض به زئبق ، كما يبين الشكل الأعلى إلى اليمين ، لكى يسمح للموصل العائم أن يدور تماما حوله ، وهذه هى نظرية المحرك الكهربى . وفى عام ١٨٣١ ، لف سلكين (أو ملفين) ا ، ب حول حلقة من الحديد ، ثم وصل ا ببطارية ، كما يبين الشكل الأوسط إلى اليسار ، فتسبب هذا فى مرور تيار متقطع فى ب ، وبهذا اكتشف التيار بالحث . وعندما أدخل وأخرج قضيباً مغناطيسياً فى أسطوانة مجوفة وملف متصل بجلفانومتر ، كما فى الشكل الأوسط إلى اليمين ، أثبت أن التيار يمكن أن يتولد بالحث بوساطة الحركة النسبية للموصل والمجال المغناطيسى ، وهذه نظرية المولد الكهربى . والشكل السفلى يبين كيف أدار فاراداى قرصا من النحاس بين قطبى المغناطيس المركب للجمعية الملكية ، فولد بذلك تيارا مستمرا بالحث — ميلاد الدينامو.

وعاد إلى الكيمياء . ولكن فكرة لا يمكن تجاهلها ظلت عالقة بذهنه . إذا كان التيار الكهربى يولد المغناطيسية ، ألا يمكن للمغناطيس أن يولد تياراً كهربيا ؟ وفى عام ١٨٢٤ ، ومرة أخرى فى عام ١٨٢٥ ، حاول أن يولد تياراً كهربيا بالحث فى سلك بوضع مغناطيس بالقرب منه ، ولكن هذه المحاولات فشلت . ولم يكن قد قدر بعد أهمية الحركة فى الظاهرة التى أوضحها أورستد. إن حركة التيار الكهربى فى السلك هى التى أوجدت المغناطيسية . ولكى يحصل على التأثير العكسى ، كان لا بد أن يحرك المغناطيس بالنسبة للسلك .

وفى عام ١٨٣١ ، أنهى فاراداى بحوثه الكيميائية وكرس نفسه كاية للمسألة التى كانت تلح على فكره . وفى يوم واحد ٢٩ أغسطس ١٨٣١ - وجد الإجابة التى دلته إلى الطريق الصحيح . بدأ تفكيره هذه المرة من الحالة المماثلة للحث فى الكهرباء الإستاتيكية ، وكان معلوما أن جسما مشحوناً يستطيع أن يولد شحنة كهربية بالحث على جسم آخر قريب منه . وإذن فلعل تياراً كهربياً فى سلك يولد تياراً بالحث فى سلك آخر على مقربة منه . ولاختبار صحة هذه الفكرة أجرى فاراداى تجربه بدائية غريبة ، يوضحها الرسم الأوسط فى صفحة ٢٢٤ . وإليكم ما جاء فى مذكراته عن هذه التجربة الشهيرة :

« لقد صنعت حلقة من الحديد المطاوع . وكان الحديد دائرياً سمكه $\frac{7}{8}$ بوصة ، والقطر الخارجي للحلقة ست بوصات . ولففت عدة لفات من سلك نحاسي حولها بحيث يفصل اللفات دوبارة وقطع من قماش القطن . وكانت هناك ثلاثة أطوال من السلك ، كل منها ٢٤ قدما ، ويمكن توصيلها معا أو استخدامها منفصلة . ثم عزلت كل من هذه الأطوال عن الآخر ولنطلق على هذا الجانب الحلقة ا . وفى الجانب الآخر ، وعلى مسافة منه ، لففت سلكا مكوناً من قطعتين ، يصل طولهما إلى حوالى ٦٠ قدما ، واتجاه اللف هو نفس اتجاهه فى الملف السابق . ولنسمِّ هذا الجانب من الحلقة ب .

« وشحنت بطارية من عشرة أزواج من الألواح مساحة كل منها أربع بوصات مربعة . وجعلت الملف الذى على الجانب ب ملفاً واحداً ، وأوصلت طرفه بسلك نحاس يصل إلى مسافة ثلاث أقدام من الحلقة ويمر فوق إبرة مغناطيسية ، ثم أوصلت طرفى إحدى القطع التى على الجانب ا بالبطارية . ظهر فى الحال تأثير ملحوظ على الإبرة ، إذ تأرجحت ثم عادت إلى وضعها الأصلى . وعند قطع اتصال الجانب ا بالبطارية ، حدث اضطراب آخر فى الإبرة » .

لاحظ فاراداى أنه عند قفل الدائرة تنحرف الإبرة فى أحد

الاتجاهات ، وعندما تفتح الدائرة تتحرك الإبرة فى الاتجاه المضاد . ولكن لا يحدث أى انحراف عندما تسرى الكهرباء فى الملف الأول .

وأخيراً حصل على الكهرباء من المغناطيسية . ولكنه لم يكن راضياً ، فقد كان يتوقع أن يسبب التيار فى الملف الابتدائى تياراً مستمراً فى الملف الثانوى ، ولكن بدلا من ذلك ، نتج فقط تأثيرات مؤقتة فى لحظة إغلاق وفتح الدائرة فى الملف الابتدائى . ومع ذلك فقد كان لديه إحساس بأنه قاب قوسين أو أدنى من النجاح ، وكتب إلى أحد أصدقائه قائلا : « إننى مشغول فى الوقت الحاضر فى الكهرباء المغناطيسية ، وأعتقد أنى أمسكت بشىء ذى قيمة ، ولكنى لا أستطيع أن أحدده . ولعلى بعد كل هذا الجهد قد أمسكت بقطعة من العشب بدل السمكة التى أبحث عنها » .

واستمر فاراداى فى إجراء تجاربه ، وفى ١٧ من أكتوبر عام ١٨٣١ ، أجرى تجربة أوضحت أنه أمسك بسمكة كبيرة جداً . وفى هذه التجربة — وهى أبسط وأشهر تجاربه — لف ملفاً حول أسطوانة مجوفة من الورق ، وأوصل طرفى الملف بجلفانومتر . وعندما دفع قضيباً مغناطيسياً بسرعة داخل الملف ، انحرفت إبرة الجلفانومتر ، وعندما سحب القضيب المغناطيسى انحرفت الإبرة

مرة أخرى ولكن فى الاتجاه المضاد . والواقع أنه لم يكن هناك اختلاف سواء حرك المغناطيس أو الملف ؛ فنى الحالتين حصل على تيار بالحث فى السلك . وبذلك أصبح من الواضح دون أى شك أن ما سبب حدوث التيار هو حركة الموصل أو المجال المغناطيسى كل منهما بالنسبة للآخر .

وهكذا كشف فاراداى المبدأ الأساسى للمولد الكهربى . ولقد مهدت هذه التجربة لإنتاج تيار كهربى بالحث مستمر . وبعد أحد عشر يوماً خلق فاراداى هذا التيار وذلك بالجهاز الموضح فى الرسم السفلى فى صفحة ٢٢٤ . استخدم المغناطيس المركب الذى كان فى الجمعية الملكية وركز قوة الأقطاب بأن وضع عند طرفى المغناطيس الكبيرين مغناطيسيين صغيرين طول كل منهما ست بوصات ، وأدار بين هذين المغناطيسيين قرصاً من النحاس حول محور من البرونز . وعند طرف القرص وضع موصلين من النحاس على مسافات مختلفة من القطبين ، وبذلك حصل على انحراف ثابت تقريباً للإبرة . ونقول « تقريباً » لأنه وجد مشقة فى الإمساك بالموصلين طوال الوقت .

وقد أجرى فاراداى تجارب أخرى كثيرة عن الحث الكهربى المغناطيسى ، ولكن هذه التجارب لم تكن فى الأغلب سوى

تعديلات لتجاربه الأساسية . وكانت تجربته الأولى على الحلقة الحديدية هي التي منحت العالم أول محول كهربي . والتجربة الأخرى التي شرحناها حالا هي التي نتج عنها أول مولد .

أرسل فاراداى بنتائج تجاربه إلى الجمعية الملكية فى خلال شهر ، وبعد ذلك نشر هذه البحوث باعتبارها الجزء الأول من « بحوث تجريبية فى الكهرباء » وفيها أعاد ترتيب تجاربه بطريقة حيرت المؤرخين فيما بعد .

وبمجرد نشر هذه التجارب ، ثارت مرة أخرى مسألة الأولوية فى اكتشافها . كان العالم الفيزيائى الأمريكى جوزيف هنرى قد كشف فعلا الحث الذاتى ، وادعى ليوبولدى نوبيلى وكفاليرى أنتينورى الإيطاليان أنهما كشفا التأثير الكهربى المغناطيسى قبل أن ينشر فاراداى نتائج بحوثه، والواقع أن الإيطاليين أجريا تجاربهما بعد سماع نتائج تجارب فاراداى . ولقد تمكن فاراداى من إثبات أسبقيته فى الوصول إلى هذه النتائج .

* * *

ولم يكن فاراداى راضيا عن اكتشاف الحث الكهربى المغناطيسى . كان يريد أن يعرف لماذا يحدث ؟ ولما كان عاجزا عن إعطاء تفسير رياضى للموضوع ، فقد وضع له نموذجا فيزيائيا مستمدا من الظاهرة

المألوفة وهى اتخاذ برادة الحديد أشكالا ذات خطوط منتظمة حول المغناطيس . ولكن لماذا تتخذ شكل خطوط ؟ ولهذا فقد افترض فاراداى أن الفضاء المحيط بالمغناطيس ملىء بخطوط قوى . وتتمثل القوة المغناطيسية على هيئة خطوط غير مرئية مشدودة مثل خيوط المطاط . وترتب برادة الحديد نفسها بواسطة الجذب المغناطيسى على هذه الخطوط .

ولم يقف فاراداى عند هذا الحد ، لقد ملأ كل الفضاء بخطوط القوى ، وقدم المفهوم الثورى القائل بأن الفضاء تتخلله أنواع مختلفة من القوى المغناطيسية والكهربية والإشعاعية والحرارية والجاذبية. وترضح الخطوط فى كل الحالات كلا من اتجاه ومقدار القوة . فمثلا ، عند قضيب من المغناطيس تتجه خطوط القوى من القطب الموجب إلى السالب أو من القطب الشمالى إلى الجنوبى ، كما يدل عدد خطوط القوى الخارجة من القطب المغناطيسى على قوة هذا القطب عند أية نقطة. وهذه الخطوط أكثر كثافة بالقرب من المغناطيس عنها عند أية نقطة بعيدة فى الفضاء . كما تتحدد كمية الكهرباء التى يمتلكها جسم ما ، حسب رأى فاراداى ، بعدد خطوط القوى التى تنبعث منه . وتنتهى جميع خطوط القوى فى مكان ما ، إما على جسم آخر قريب ، وإما على جدران الحجرة وإما عند الكواكب فى الفضاء . وعند كل نهاية توجد كمية

من الكهرباء تساوى فى الكمية شحنة الجسم الأصلى ولكنها تضادها فى الاتجاه .

واستنتج فاراداى أن نظرية خطوط القوى تفسر كيف يحدث تيار حث فى موصل . إنه ينتج كلما قطع الموصل خطوط القوى المغناطيسية . وكشف أهمية سرعة الحركة ، وكتب فى ذلك : « إذا تحرك السلك ببطء ينتج تيار ضعيف فى السلك ويستمر هذا التيار فى أثناء حركة السلك ، أما إذا قطع السلك خطوط القوى بسرعة فإن تيارا أقوى ينتج ولكن لوقت أقصر » . والحقيقة أنه لا ينتج تيار ولكن ينتج فرق جهد ، ويحدث التيار نتيجة لهذا الفرق فى الجهد .

وتدرج فاراداى بعد ذلك من فكرة خطوط القوى المختلفة التى فى الفضاء إلى افتراض أن هذه الخطوط تملأ كل الفضاء ، فقد كتب فى مذكراته عام ١٨٤٦ : « كل ما يمكن أن أقوله هو أننى لا أستطيع أن أتصور فى أى جزء من الفضاء ، سواء كان فراغا ، حسب الاصطلاح الدارج ، أو مليئا بالمادة ، إلا القوى والخطوط التى تعبر عنها . »

وهنا نحصل على الأصل التاريخى لنظرية المجال ، ولو أن فاراداى نفسه لم يشر قط إلى نظامه باسم « نظرية المجال » أو « مفهوم المجال » .

والواقع أنه وضع نظريته تحت الاختبار وكان على استعداد لإهمالها إذا أثبتت التجربة عدم صحتها .

لماذا يعتبر المجال مفهوما ثوريا ؟ السبب فى ذلك هو أن علماء الفيزياء حتى وقت فاراداى كانوا يركزون تفكيرهم حول الجسيم المادى ، وحاولوا استخلاص جميع الظواهر من مفهوم الجسيم . وكانت العمليات الفيزيائية تفسر بوساطة قوانين نيوتن عن الحركة وقوى التفاعل المتبادل بين الجسيمات ، فجاء فاراداى وأزاح الجسيم بعيداً وتوج مكانه خطوط القوى التى تملأ الفضاء . ولم يكن فاراداى يهتم بالجسيم الكهربى أو المغناطيسى بقدر ما كان يهتم بالفضاء الذى تعمل فيه هذه الجسيمات . وهذا هو كل أساس مفهوم المجال . فما يهم فى نظرية المجال إنما هو الحالة الهندسية والفيزيائية للفضاء ذاته .

وكان فاراداى ، بالنسبة لهذه النقطة فى غاية الوضوح ، فقد كتب فى « بحوث تجريبية » : « وفى ضوء هذا الفهم للمغناطيس ، يكون للوسط أو للفضاء المحيط به نفس أهمية المغناطيس ، ويكون بذلك جزءاً من النظام المغناطيسى الحقيقى والكامل » .

وهنا نلاحظ أن فاراداى كان يرى ما يطلق عليه اليوم اسم نظرية المجال المزدوج أو الثنائى ، وهى النظرية التى تعطى نفس الأهمية للجسيم والمجال ولكن التى يلعب فيها المجال الدور الأساسى

والقيادى . وبهذا يكون لفاراداى سبق فى الثورة النسبية الحديثة فى علم الفيزياء ، كما يجب أن نرقى بمفهوم المجال إلى مصاف أعظم ما أبدعه العقل العلمى .

ولم يكن فاراداى يعتبر فكرة المجال نظرية مستقلة عن نظام نيوتن ، ولكنه كان يعتبرها مكملة لهذا النظام . ولم يكن فى نيته أن ينزل مفهوم الجسيم عن عرشه ، ولكن هذا حدث فيما بعد كنتيجة لفروض فاراداى . وقد بدأ فاراداى أيضاً عملية انهيار مفهوم آخر هام ، وهو مفهوم « العمل من بعد » ، فقد افترض نيوتن ، كما آمن بهذا الفلاسفة قبله بزمن طويل ، أن القوى يمكن أن تعمل وتؤثر على مسافات بعيدة وفى الحال ودون الحاجة لأى وسط . وكان اعتقادهم أن هذا هو السبيل الوحيد لتفسير طريقة عمل قوة الجاذبية بين النجوم والكواكب .

وكان لنظرية « العمل من بعد » فى القرن التاسع عشر قدم راسخة فى علم الفيزياء . ولكن فاراداى شعر أن هذا المفهوم غير مقنع وأن افتراضات الميكانيكا النيوتونية تتعارض وظواهر الكهرباء الديناميكية . فلم يتردد فى نبذ فكرة « العمل من بعد » ، وصياغة مفهومه الخاص حيث تحتاج القوة إلى زمن لكى تنتقل ، ووسائل انتقالها هى خطوط القوى . وقد أجرى فاراداى تجاربه ،

كلما أمكنه ذلك ، لإثبات أن القوة تحتاج إلى وقت حتى تنتقل . وقد فشل فى حالة قوة الجاذبية ، ولكنه لم يتزحزح عن اعتقاده وإيمانه بصحة مفهومه . ولم يحطم فاراداى نفسه مفهوم « العمل من بعد » ، ولكن هذا المفهوم تحطم على يدى ماكسويل ، الذى أزاله من علم الكهرباء الديناميكية ، وكذلك هندريك لورنتز ، الذى أدت معادلاته التحويلية إلى اختفائه تماما من علم الفيزياء .

وفى مايو عام ١٨٤٦ ، نشر فاراداى بحثاً طريفاً عن بعض تأملاته تحت عنوان « آراء حول تذبذبات الأشعة » تنبأ فيه بنظرية الضوء الكهربية المغناطيسية . وكتب فى ذلك : « إن وجهة النظر التى أجد فى نفسى الجسارة لأن أتقدم بها ، تعتبر الإشعاعات نوعا ممتازاً من ذبذبات خطوط القوى المعروف أنها تربط الجسيمات ، وكذا كتل المادة ، بعضها ببعض . ووجهة النظر هذه تحاول تجاهل الأثير ، ولكنها لا تتجاهل الذبذبات » . وجاء ماكسويل بعد ذلك بقليل لتطوير هذا الرأى الجسور رياضياً وإعلان النظرية الكهربية المغناطيسية . وكان فاراداى نفسه قد أوجد علاقة تجريبية بين الضوء والمغناطيسية ، فقد أوضح فى سلسلة من التجارب الرائعة أن المجال المغناطيسى يمكنه أن يسبب دوران مستوى الضوء المستقطب .

وكان فاراداى يؤمن إيماناً عميقاً بوحدة الطبيعة ووحدة قوانين الفيزياء ، كما كان يؤمن بوجود علاقة بين القوى الكهربية المغناطيسية وبين الجاذبية ، وأنه لابد من وجود قانون يحكم هذه العلاقة . فقد كتب عام ١٨٤٩ فى كراسة المعمل : « الجاذبية ، لا شك أن التجارب ستصل بنا إلى إيجاد علاقة بين هذه القوة وبين الكهرباء والمغناطيسية وغيرها من القوى ، بحيث يمكن الربط بينها فى عمل متبادل وتأثير متكافئ . فكر لحظة كيف يمكن معالجة هذا الأمر عن طريق الحقائق والتجارب » . ولكن جميع التجارب التى أجراها للوصول إلى مثل هذه العلاقة باءت بالفشل . ولذلك كتب فى ملاحظة حزينة ولكنها مليئة بالتفاؤل « وهنا تنتهى محاولاتى فى الوقت الحاضر ، فالنتائج سلبية ، ولكنها لا تزعزع إحساسى بوجود علاقة بين الجاذبية والكهرباء ، ولو أنها لا تعطى أى دليل على وجود مثل هذه العلاقة» .

* * *

وكان ما زال يعمل لحل هذه المسألة بعد ذلك بعشر سنوات عندما كتب بحثه الأخير . كانت صحته قد اعتلت فى ذلك الوقت ، ولكنه لم يترك التجارب والبحث . وكان يعانى من فقدان الذاكرة لمدد طويلة ، وقد يعيد تجربة يكون هو نفسه قد أجراها بنجاح

قبل ذلك بوقت قصير . وكان ذلك العالم الفقير المنبت ، غير المتعلم، قد أصبح أستاذا مدى الحياة فى المعهد الملكى ويقطن فى هامتون كورت . وفى عام ١٨٦٧ كتبت بنت أخيه الآنسة ريد إلى صديق فاراداى العزيز بنس جونز تقول : « إن عمى العزيز يبدو أحسن مما كان فى بعض الأوقات . ولكننى للأسف أتألم عندما أرى عقله يتلاشى بعيداً . . إن صحة عمى سيئة ومتدهورة هذا العام ، وهو فى حالة شلل نصفى » . . وفى ٢٥ من أغسطس عام ١٨٦٧ مات ميخائيل فاراداى بسلام فى كرسى مكتبه ، وهو لا يدرك الخلاف الذى سيدور من بعده حول المشكلة المهمة : هل سيسود المجال أم سيسود الجسيم ؟ .



چوزيف هنرى

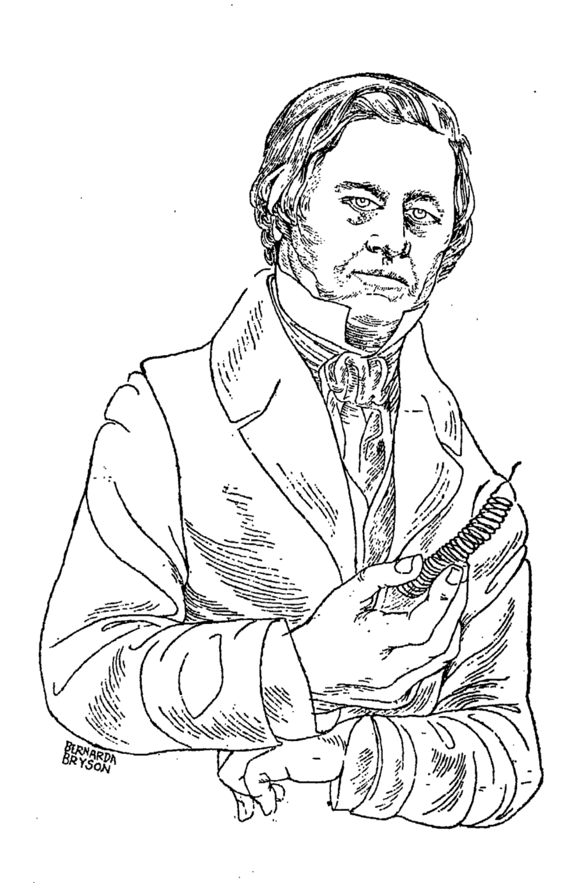
بقلم ميتشل ويلسون

فى ربيع عام ١٨٣٧ كانت مجموعة صغيرة من الرجال فى أحد المعامل الإنجليزية تحاول إجراء إحدى التجارب . كانوا قد أقاموا دائرة كهربية لكى تحمل تيارا ضعيفا جدا ، وكانوا يحاولون الحصول على شرارة كهربية بقفل الدائرة وفتحها . وكان شارلس هويتستون يلامس طرفى السلك الذى يتمم الدائرة . ولم يتمكن من الحصول على الشرارة . وقال ميخائيل فاراداى إن هويتستون يتبع طريقة مخطئة ، وأضاف فاراداى بعض التعديلات إلى الدائرة وحاول أن يحصل على الشرارة ولكنه لم يفلح .

وكان هناك زائر أمريكى ينتظر بصبر بينما عالما الكهرباء الشهيران يتناقشان حول أسباب الفشل . وبينما كان الأمريكى يستمع إلى هذا الجدل أمسك بقطعة من السلك ولفها حول أصبعه مثل البريمة . وبعد بضع دقائق أشار إلى أنه عندما ينتهى السيدان ويكونان على استعداد فإنه يسره أن يوضح لهما طريقة الحصول

على شرارة . وأجاب عليه فاراداى بواحدة من إجاباته الجافة المعتادة ، ولكن الأمريكى استمر فى عمله . فأضاف ملفه الصغير إلى أحد أطراف السلك ، وفى هذه المرة عندما فتح الدائرة انطلقت شرارة وأمكن رؤيتها بوضوح . فصفق فاراداى فرحا وقال : « مرحى للتجربة الأمريكية ! ماذا فعلت بحق السماء ؟ » ولو كان لجوزيف هنرى طبيعة فاراداى لأجابه قائلا : « لو كنت تقرأ ما أنشر ، وتفهم ما تقرأ لعرفت ما رأيته لتوك ! » . ولكن أستاذ برنستون شرح بأناة هذه الظاهرة عن الحث الذاتى للرجل الذى منحه العالم شرف الكشف عن الحث .

ومر قرن وربع من الزمان ، وتجمعت أكداس من المعرفة بين تجارب بنيامين فرانكلين الكهربية ونظرية الكهربية المغناطيسية لجيمس كلارك ماكسويل . والكثير من هذه المعرفة جمعه رجل واحد هو جوزيف هنرى ، خلال خمسة عشر عاما من ١٨٢٩ إلى ١٨٤٤ . ومع ذلك فقد كان هنرى غريباً فى عصره . وظن أصدقاؤه أن مثاليته العلمية تنطوى على نقص فى الروح الأمريكية ، وتجاهله العلم العالمى لأنه كان أمريكياً . ولم يدرك أحد أنه كان عملاقا إلا بعد وفاته ، وبعد أن مضى معاصرو شبابه ، وأدرك الشباب أيضاً أن الشهرة الكبيرة التى اكتسبها خلال النصف الأخير من حياته إنما كانت نتيجة لأقل كشوفه أهمية . وفى النهاية منحه


BERNARDA
BRYSON

العلم أعظم تقدير بأن رفعه إلى مصاف العظماء ، وذلك بأن أضاف إلى الوحدات الكهربية وهى الأمبير والفولت والأوم والفاراد اسما آخر هو الهنرى ، وهى وحدة الحث .

* * *

فى خلال الخمسة والعشرين عاما قبل ظهور هنرى أوضح ساندرو ڤولتا كيفية إنتاج تيار كهربى ثابت ، ووجد أوم القانون الذى يحكم قوة التيار واكتشف كل من هانز أورستد ودومينيك أراجو أن التيار الكهربى يخلق المغناطيسية . والآن وفى العقد الثالث من القرن التاسع عشر كان بعض الباحثين من ذوى العقول النيرة يتساءلون : إذا كانت الكهرباء تخلق المغناطيسية ، فهل تخلق المغناطيسية بالتالى الكهرباء ؟ وإذا بجوزيف هنرى ، وهو مدرس الرياضيات بمدرسة ريفية بإحدى مدن المقاطعات فى أمة غير متقدمة ، لا يجيب فقط عن هذا السؤال ، ولكنه يذهب إلى أبعد مما ذهب إليه أسلافه فى عمق أبحاثه .

ولم يكن فى ماضى هنرى ما يوحى بمدى قدرته ولا باتجاه ميوله . لقد ولد عام ١٧٩٧ بالقرب من ألبانى بمقاطعة نيويورك ، ونشأ فقيرا ، واشتغل فلاحا وصبيا فى أحد المخازن ، وكان صبيا حالما لا يكاد يلم بالقراءة . وعندما وصل إلى سن الثمانية عشرة

انحصر اهتمامه فى تربية أحد الأرانب . وفى أحد الأيام انطلق الأرنب ومن خلفه هنرى إلى أن وصلا أحد الكنائس . وإذا به داخل إحدى الغرف المقفلة وقد احتوت مكتبة مليئة بالقصص فنسى الأرنب وقرأ الكتب .

وقد استغرقته الدراما إلى درجة أنه عندما أرسل إلى ألبانى فى العام التالى ليكسب عيشه ، وكان عندئذ فى الرابعة عشرة من عمره ، ذهب إلى مسرح جرين ستريت ، حيث كان يدير چون برنار فرقته الشهيرة . وبقى چوزيف هنرى مدة عامين يعمل ممثلا تحت التمرين فى تلك الفرقة .

وفى سن السادسة عشرة توصل إلى اكتشافه العظيم الثانى ، فقد تناول بالصدفة كتابا لزميل له فى السكن . وظل إلى سن متأخرة يذكر أول فقرة فى ذلك الكتاب وقد جاء فيها : « إذا ألقيت حجراً أو قذفت سهما فى الهواء ، فلماذا لا يسير فى خط مستقيم فى الاتجاه الذى ألقيته إليه ؟ وعلى العكس ، لماذا يتصاعد اللهب والدخان دائما إلى أعلى دون أية قوة دافعة فى ذلك الاتجاه ؟ » وفى هذا السؤال كشف چوزيف هنرى عالم العلوم .

ولم يكن هنرى أبدا من الذين يتخذون قرارات فى الأمور الصغيرة ، فقد ذهب مرة لتفصيل حذاء وظل أياما لا يستقر

على رأى فيما إذا كان يريد مقدمة الحذاء مستديرة أو مربعة. واخيرا، وقد ضاق به الإسكافى، صنع له فردة بمقدمة مستديرة وفردة الحذاء الأخرى بمقدمة مربعة . ومع ذلك فقد كان هنرى يتخذ القرارات المهمة فى الحال ، فقد ذهب للعمل على المسرح دون أية خبرة أو تمرين ، ثم إذا به ، ودون أية أسباب وجيهة ، يغير رأيه فجأة ويقرر أن يصبح عالما وفيلسوفا طبيعيا .

ذهب هنرى إلى الأكاديمية فى ألبانى وتقدم إليها ليلتحق بها طالباً . كان التلاميذ الآخرون من زملائه يصغرونه ببضع سنوات ، كما كانوا من أبناء الأسر المقتدرة ، ولكن هنرى عاش حياة خاصة كان كل شىء فيها ممكناً . ومن حسن الحظ أنه كان لديه من المواهب مايجعله يكيف العالم الخارجى بحيث يلائم أحلامه الخاصة .

وبعد دراسة لمدة سبعة شهور فى الفصول الليلية والدروس الخاصة اكتسب قدرا من التعليم كان كافيا لكى يحصل به على عمل كمدرس فى إحدى المدارس الريفية . وبذلك تمكن أيضاً من إتمام دراسته . وكان التدريس وحضور الدروس فى الأكاديمية يستغرق منه ١٦ ساعة يومياً ، ولكن هنرى كان سعيدا بحياته هذه . وأخيرا ترك التدريس وتحدث مع أستاذه فى الكيمياء لكى يأخذه مساعدا له لتجهيز وتحضير تجاربه التى يجريها فى أثناء المحاضرات العامة .

وكانت خبرة هنرى المسرحية قد علمته أن كل عمل يؤدى أمام الجمهور يجب أن يكون فى غاية الكمال ، وأن يكون مقنعاً ومؤثراً بأكبر قدر ممكن . وقد أثرت هذه الخبرة فى السرعة والبساطة التى تميزت بها تجاربه الخاصة .

وعندما أنهى هنرى دراسته فى الأكاديمية عين مساحا ومهندسا على قناة إيرى . وقد بدا عندئذ كما لو كانت أيام فقره قد انتهت وقد تفتحت أبواب الثراء أمامه . وكان فى ميسور رجل له مثل مؤهلاته أن يجمع ثروة كبيرة فى أى مكان يعمل به من الموانئ الشرقية إلى تلال ويسكونسن البعيدة . ومع ذلك ، فما إن عرضت عليه أستاذية الرياضيات والفلسفة الطبيعية فى ألبانى بعد بضعة شهور ، حتى شعر أن بلاده تحتاج إلى الأساتذة المتفوقين أكثر من حاجتها إلى المهندسين ، فقبل منصب الأستاذية .

وعاد چوزيف هنرى إلى ألبانى عام ١٨٢٦ . وكان فى ذلك الوقت شاباً ذا مظهر أخاذ : له شعر أشقر متموج ، وعينان نافذتان زرقاوان ومظهر الممثل . وخلف هذا المظهر كانت تكمن المواهب الأساسية للبحاثة ، والقدرة على تحليل وتبسيط الآراء والأفكار الكبيرة .

كان الجدول المعد له للتدريس كبيراً ، فكان الوقت الوحيد

الذى يختطفه لإجراء بحوثه فى أثناء عطلة الصيف ، وذلك عندما يسمح له بتحويل أحد فصول الدراسة إلى معمل ، وفى نهاية شهر أغسطس يعيد أجهزته إلى المخزن وتعود المقاعد إلى أماكنها فى الفصل .

كان أول ما قام به هو بناء مغناطيس كهربى على طريقة ويليام سترچيون الإنجليزى . وكان مغناطيس سترجيون عبارة عن قضيب من الحديد مغطى بطبقة من اللك المصفى ، وحول هذا القضيب يلف سلك عارى بحيث لا يتلامس . ثم ثنى سترجيون القضيب وجعله على هيئة حدوة الحصان ، وكان من الممكن أن تنجذب قطعة من الحديد تزن سبعة أرطال إلى المغناطيس طائرة فى الهواء عند مرور التيار الكهربى فى السلك، ثم تسقط مرة أخرى إلى الأرض عند توقف التيار . وفى إحدى عطلات الصيف شيد هنرى فى فصله مغناطيسا يمكنه رفع طن من الحديد . وبدلا من أن يعزل الحديد ، عزل هنرى السلك بعناية ، مما سمح له أن يلف السلك متقاربا من بعضه وبذلك حصل على أكبر عدد من لفات السلك حول القضيب الحديدى . وقد شرح هنرى جهازه هذا فى « مجلة العلوم الأمريكية » التى كان يصدرها بنيامين سيليمان من ييل .

وقد قادت هذه التجارب عن الكهربية المغناطيسية هنرى إلى مسألة توليد الكهرباء من المغناطيسية . وكانت ظاهرة تولد

مجال مغناطيسى ثابت من تيار كهربى مستمر قد أدت بمن سبقه من العلماء والباحثين إلى الاعتقاد بأنه من الممكن أن يولد المجال المغناطيسى الثابت تيارا كهربيا مستمرا . وكان الاختبار المعتاد هو لف طول معين من السلك حول قطعة حديد ممغطسة ، ثم حك طرفى السلك معا وانتظار حدوث شرارة كهربية . وكان العمل الكبير الذى حققه هنرى هو قدرته على أن يتنبأ بأن حل هذه المسألة لا يأتى عن طريق مجال مغناطيسى ثابت ، ولكن فى مجال مغناطيسى متغير .

وفى التجربة التى أجراها هنرى استخدم مغناطيسه الكهربى الذى على شكل حدوة الحصان وقطعة من الحديد الزهر ، سماها ذراعا ، تصل قطبى المغناطيس ، ولف حول الذراع سلكا نحاسياً معزولا طوله حوالى ٣٠ قدما ويتصل طرفاه بجلفانومتر على بعد حوالى ٤٠ قدما . وبذلك كان لديه ملفان مستقلان تماما ، أحدهما ملف المغناطيس وهو متصل بالبطارية والملف الآخر متصل بالجلفانومتر . واستعد لإجراء التجربة . وكتب أخيراً يصف التجربة فقال : « وقفت بجوار الجلفانومتر ، وطلبت من مساعدى أن يوصل البطارية المتصلة بالمغناطيس » . وعندئذ حدثت المعجزة . « انحرف الطرف الشمالى لإبرة المغناطيس ٣٠ درجة ، دالا على مرور تيار فى السلك الملفوف حول الذراع » .

ولابد أن يكون هنرى قد أصيب بخيبة أمل بعد ذلك بلحظة واحدة . وذلك أنه على الرغم من استمرار مرور التيار فى ملف المغناطيس ، فقد عادت إبرة الجلفانومتر إلى وضع الصفر . ثم أشار إلى مساعده لقطع التيار ، ولدهشته تحركت الإبرة فى لحظة قطع الدائرة مرة أخرى ولكن فى الاتجاه المضاد لانحرافها الأول .

وفى الحال أدرك هنرى السبب فى هذا التصرف غير المتوقع . إنه فى أثناء تغير المغناطيسية فى الذراع من الصفر إلى كامل قوتها عند قفل الدائرة ، وكذلك من كامل قوتها إلى الصفر مرة أخرى عند فتح الدائرة ، عند ذلك فقط يحدث شىء ما فى الملف الثانوى . ولخص هذا التأثير كما فهمه على النحو التالى « إن تيارا مؤقتا فى هذا الاتجاه أو ذاك يصاحب أى تغير فى شدة مغناطيسية الحديد » .

وبذلك كان هنرى قد أثبت أن تيار حث يحدث فى أى سلك فى مجال متغير . وبعد ذلك بقليل كشف أن « أى سلك » ، قد يعنى كذلك نفس السلك الذى خلق المجال فى أول الأمر . وفى عام ١٨٢٩ كان قد لاحظ الحث المغناطيسى للتيار على نفسه — وهو ما يسمى اليوم الحث الذاتى . وكان استخدامه لهذه الظاهرة فيما بعد فى أثناء التجربة أمام فاراداى وهويتستون هو الذى أذهل العالمين .

* * *

والآن فإن هذا العمل العظيم ، وكثير غيره ، قد تم فى خلال الصيف فى أعوام متتالية قبل عام ١٨٣١ ؛ غير أن أول ما كتب أو عرف عن هذا العمل لم يكتب ، مع الأسف الشديد ، إلا فى عام ١٨٣٢ . كان هنرى يعلم أنه يشتغل فى أصعب مشكلة تواجه العلماء فى ذلك الوقت ، وكان يعلم أنه قد حل المشكلة قبل أى شخص آخر ، ولكنه لم يكن لديه أى اتصال شخصى بالعلم كمهنة ، وكان العلماء الأوروبيون والذين كان يعرف أسماءهم يبدون له كما لو كانوا فى أبراج عالية . ولذلك فقد تردد فى نشر أية نتائج لبحوثه إلا بعد تجميع كمية كبيرة من البيانات . وكان تواضعه فى الواقع نتيجة لكبريائه غير الواعى بعبقريته التى كان يرجو أن تقبل على علاتها . وكان بالإضافة إلى ذلك مشغولا جداً ولا يجد الوقت الكافى لكتابة نتائج أبحاثه وإعدادها للنشر .

وقد ظل إلى آخر أيام حياته آسفاً لأنه لم ينشر نتائجه ، وكان يقول « كان يجب أن أنشر مبكراً » . « كان يجب أن أنشر ، ولكن لم يكن لدى متسع من الوقت ! كان من الصعب القيام بكل ذلك العمل ! كنت أريد أن أنشر نتائجى فى شكل مقبول ، وكيف كان لى أن أعلم أن شخصاً آخر فى الجانب الآخر من الأطلنطى كان يقوم بنفس البحوث ؟ » .

وجاءت الصدمة فى مايو عام ١٨٣٢ . كان ما زال على ثقة بأنه يسبق العالم بعدة سنوات وبعمل عظيم ، عندما التقط صدفة مجلة علمية بريطانية وقرأ فيها فقرتين وإذا بالمجلة تسقط من يديه : لم يعد متقدما على أحد بسنوات . كان فاراداى قد نشر كشفه المستقل عن الحث الكهربى المغناطيسى .

كان بحث فاراداى الذى نشره عام ١٨٣٢ مبنياً على النتائج التى حققها فى الخريف السابق . ومع أن هنرى كان متقدماً على فاراداى بعدة سنوات ، إلا أنه شعر فى ذلك الوقت أن النشر قد أصبح غير ذى موضوع ، وغلبه اليأس . غير أن سيليمان كان قد سمع ببحوث هنرى فاستمر فى الإلحاح عليه لكى يرسل وصفاً لها المجلة العلمية الأمريكية . وأخيراً بدأ هنرى فى إعداد وكتابة سلسلة بحوث كان لها الفضل فى احتفاظه بمكانته العلمية التاريخية ، ولو أن ذلك تم بعد وفاته .

ولم يكن قد أتيح للعلم الأمريكى أن يحقق نصرا عالمياً منذ قام بنيامين فرانكلين ببحوثه العلمية . وكانت الجمهورية الناشئة فى غاية الحساسية بالنسبة للسلوك الأوروبى تجاهها وأن أمريكا ليس لديها من الثقافة ما تمنحه للعالم . ولذلك ، وبدلا من الشعور بالعطف على هنرى فى موقفه هذا ، فإن كثيراً من أصدقائه وجهوا إليه اللوم

لتخلفه فى نشر نتائج بحوثه فى الوقت المناسب ، ونعتوه بأنه لا يشعر بالمسئولية وأنه غير وطنى . ولكن كان هناك قليلون فهموا الموقف على حقيقته ، وبدلا من توبيخه ، أتاحوا له فرصاً أكبر لإجراء بحوثه ، وذلك بتعيينه عضواً فى هيئة تدريس جامعة برنستون .

* * *

وعندما كان هنرى مايزال فى ألبانى كشف مجدد التيار الكهربى. وقد استخدمه لخلق أول تلغراف كهربى مغناطيسى سابقا صامويل مورس بخمس سنوات على الأقل . وكان جهاز الإشارة عند هنرى عبارة عن جرس . ولم ينشر قط تفاصيل المجدد كبحث مستقل ، ولكنه كان يحاضر عن أهميته التطبيقية ، وكان بالنسبة له مجرد تعديل وتحوير وتطبيق للنظريات الأكثر عمقاً التى كان قد أعلنها . وصف هذا الجهاز لمورس وهويتستون ، وهو مخترع التلغراف الإنجليزى ، وقد استخدم الرجلان هذا الجهاز بحريه .

وكان مجدد التيار الذى اخترعه هنرى عبارة عن مغناطيس على شكل حدوة الحصان ويلتف حوله سلك الإرسال التلغرافى الطويل . ويتصل بقطبى المغناطيس ذراع حديدى متحرك ينجذب نحو المغناطيس كلما وصلت إشارة كهربية . وكلما تحرك الذراع

إلى أسفل وإلى أعلى تفتح وتغلق دائرة أخرى بها بطاريتها الخاصة . ويوجد فى الدائرة الثانية إما جهاز للطبع وإما ملف حدوة حصان تابعة لمجدد آخر بحيث تقوى الإشارة لإعادة إرسالها مرة أخرى. وقد بقى هذا المجدد دون تغيير يذكر إلا فى بعض التفاصيل الميكانيكية .

وشيد هنرى فى برنستون جهازاً تلغرافياً كبيراً وأرسل إشارات عبر سلك طوله ميل ، وذكر أن المجددات المتتالية تسمح له بامتداد الدائرة إلى مسافات لا نهائية . واستمر فى بحوثه عن الحث وحقق نجاحاً كبيراً فى فهم تفاصيل هذه الظاهرة . وفى إحدى الصفحات وصف ما يعتبر فى الواقع الأساس النظرى للمحول الكهربى : « يتكون الجهاز الذى استخدم فى التجربة من عدد من الملفات المسطحة المكونة من أشرطة نحاسية . . وقد رتب الملف رقم ١ بحيث يستقبل التيار من بطارية صغيرة ، ووضع الملف رقم ٢ فوق هذا الملف وبينهما قطعة زجاج تضمن العزل التام ؛ فكلما تقطعت الدائرة الأولى ، ينتج تيار حث قوى فى الدائرة رقم ٢ . . ومع ذلك فالصدمة فى هذا الملف كانت ضعيفة وكنت تقريبا أحسها فى أصابعى » . وبمعنى آخر فإن التيار قد ازداد ولكن الفولت انخفض . « فإذا أبقينا الملف رقم ١ كما هو ، وأبدلنا بالملف رقم ٢ آخر أطول منـــه ؛ بهذا تكون القوة

المغناطيسية أقل بكثير ، ولكن الصدمات أكثر قوة . وبذلك كان قد أضعف التيار ولكنه زاد الفولت .

* * *

ولم يكن معاصرو هنرى يفقهون إلا النزر اليسير عن الكهرباء والدوائر الكهربية مما جعلهم لا يقدرون بحوثه إلا ما أمكنهم فهمه منها . وكان هنرى فى نظر الذين قرأوا المجلة الأمريكية للعلوم ـ وكان توزيعها ضئيلا ـ قد أضاف مجرد تعديل بسيط إلى المغناطيس الكهربى. ولم يدركوا تعمقه الجوهرى فى المحول، ولذلك فقد أهملوه لعدة سنوات . وكان الذين يهتمون بقراءة المجلة الأمريكية من الأوربيين قليلون جداً . وأعيد نشر بحوث هنرى الأصلية فى إنجلترا بعد عشر سنوات ، ولكن ذلك لم يضف عليها سوى تقدير سطحى .

نادراً ما استخدم هنرى الرياضة فى تحليله للظواهر الفيزيائية . وفى عهده لم يكن قانون أوم ـ الذى يدرس الآن فى المدارس الثانوية ـ قد وضع فى شكله الكمى ، وكانت تحليلات هنرى قوية ولكنها كانت نوعية أكثر منها كمية . كانت الجهود تقاس بطرق نسبية وذلك بشدة الصدمة التى يحسها القائم بالتجربة ، وكانت شدة التيار تقاس بوسائل كيميائيـة ، فإذا كانت ضعيفة

جداً ، فقاس بإحساس الحموضة الذى تحدثه فى فم القائم بالتجربة .
وكان هنرى يقيس الجهود الضعيفة بصدمتها فى لسانه . ومع أنه
كان بذلك يحصل على كميات نسبية إلا أنه توصل إلى الشكل
الأسى الصحيح لنمو التيار واختفائه فى دائرة حث .

وحقق هنرى آخر أعماله العظيمة فى دراساته للكهرباء
عام ١٨٤٢ ، فقد تمكن فى ذلك العام من إرسال موجات لاسلكية .
وكان ذلك فى وقت يسبق تجارب هنريش هيرتز الشهيرة بنصف
قرن . لاحظ هنرى أن تأثير الشرارة يمكن أن يلاحظ بوساطة
دائرة موازية على بعد ٣٠ قدما . وكانت الملفات التى تنتج الشرارات
تعمل فى الطابق الثانى من المبنى الذى به معمله ، وكانت الإبر
المغناطيسية فى البدروم ، وتم التأثير خلال ٣٠ قدما من الهواء
وطبقتين من السقف سمكهما ١٤ بوصة . وتدل الفقره التالية
من بحثه على أنه كان يدرك أن هذه الظاهرة عبارة عن موجات وأنها
شبيهة بظاهرة انتقال الضوء .

« ويظهر أن انتقال شرارة واحدة يكفى لإحداث اضطراب
محسوس فى كهرباء الفضاء خلال مكعب لا تقل سعته عن ٤٠٠,٠٠٠
قدم ؛ وعندما نعتبر أن الشرارة (تتذبذب) . . فإنه يمكننا
أن نستنتج أن انتشار الحركة فى هذه الحالة يمكن مقارنته فى الغالب

بانتقال حركة الشرارة التى تحدث من الحجر والصلب فى حالة الضوء».

وفى عام ١٨٤٦ انتهت أعمال هنرى فى البحوث العلمية ، فقد كانت حكومة الولايات المتحدة تبحث عن مدير لمعهد سميثسونيان الذى أنشىء حديثا ، وعين هنرى فى ذلك المنصب . وكان معنى قبوله أن كل وقته سوف ينصرف إلى الأعمال الإدارية . ولكن هنرى شعر أن ذلك المنصب سوف يتيح له الفرصة لجمع شمل العلم الأمريكى . وكان قبل ذلك بعشرين عاما قد أحس بواجب القيام ببحوث علمية فترك مهنة الهندسة ، والآن يشعر مرة أخرى أن من واجبه أن يهجر البحث لكى يعمل كأول مدير علمى قومى .

* * *

وعندما كان هنرى فى الخمسين من عمره كان يعتبر أحد قادة العلم فى أمريكا . ولكن معاصريه كانوا يعتبرونه مديرا علميا : مدير معهد سميثسونيان والمستشار العلمى لأبراهام لنكولن خلال الحرب الأهلية ، والرجل الذى ذهب إليه العلماء الشبان من أمثال مورس وألكسندر جراهام بيل للحصول على تشجيعه وتأييده . ولم يكونوا يعرفونه كالعالم البحاثه الذى أمضى خمسة عشر عاما فى البحوث الكهربية المغناطيسية سبق بها عصره وتقدم عليه .

وكان هنرى فى عمله مديرا لمعهد سميثسونيان يتناول كثيرا

من المجالات . وضع مشروعا لإعطاء معلومات عن حالة الجو ، وهو المشروع الذى تطور فيما بعد وأصبح المكتب الجوى للولايات المتحدة (مصلحة الأرصاد الجوية) ، واستحث جيمس ليك لتأسيس مرصده الشهير فى كاليفورنيا . واشترك فى عدة لجان حكومية استشارية ، ومنها اللجنة التى اختبرت فى عام ١٨٥٠ تصميمات صنع مركب حربى حديدى لبحرية الولايات المتحدة . وكان هنرى أول من أوصى بقبول التصميم ، ولكن نصيحته أهملت ، وعندما قامت الحرب الأهلية عادت الحكومة فوافقت على التصميم وبذلك شيدت « المريماك » .

وكانت بيانات الأرصاد الجوية تجمع فى معهد سميتسونيان بالتلغراف من ٥٠٠ راصد فى جميع أنحاء البلاد شرق نهر المسيسبى ، وكلما وصل تقرير تلغرافى من منطقة محلية كان يثبت قطعة صغيرة مستديرة من الورق المقوى فى مكانها على خريطة كبيرة للبلاد . وكانت الألوان المختلفة تدل على المطر والثلج والجو الصحو والسحب . وقد وجد هنرى أن العواصف تتحرك نحو الشرق بمعدل ٢٠ إلى ٣٠ ميلا فى الساعة ، وبالتالى فقد شرح أهمية وفائدة الخرائط الجوية للمزارعين ، ورجال السكك الحديدية وشركات الملاحة .

وكان هنرى أول من درس درجة الحرارة النسبية للبقع

الشمسية،فى عام ١٨٤٨ عرض صورة للشمس على لوحة واستخدم مشععا صغيرا جدا لقياس درجة الحرارة النسبية لكل نقطة على صورة الشمس واكتشف أن صور البقع أبرد من المناطق المحيط بها .

* * *

وكان تطور المحرك فى العقد الأخير من حياة هنرى هو ابتداء استخدام التيار المتغير . وعندئذ فقط بدأ الناس فى العودة إلى أبحاث هنرى وتقدير قيمتها . وقد أدت نظرية ما كسويل الكهربية المغناطيسية إلى إعادة النظر فى تصريح هنرى عن أن انتشار الكهرباء فى الفضاء يشبه انتقال الضوء . وأعانت تجارب هيرتز الباحثين على أن يعيدوا النظر وأن يدركوا أن هنرى كان يبعث بإشارات من الذبذبات الشرارية ويستلمها على دوائر بدائية . وقد نال هنرى كل تكريم بعد وفاته وبذلك كان على الإنسانية أن تمضى ٤٠ عاما لكى تدرك وتفهم وتقدر ما قام به من أعمال وبحوث .



جيمس كلارك ماكسويل

بقلم جيمس ر. نيومان

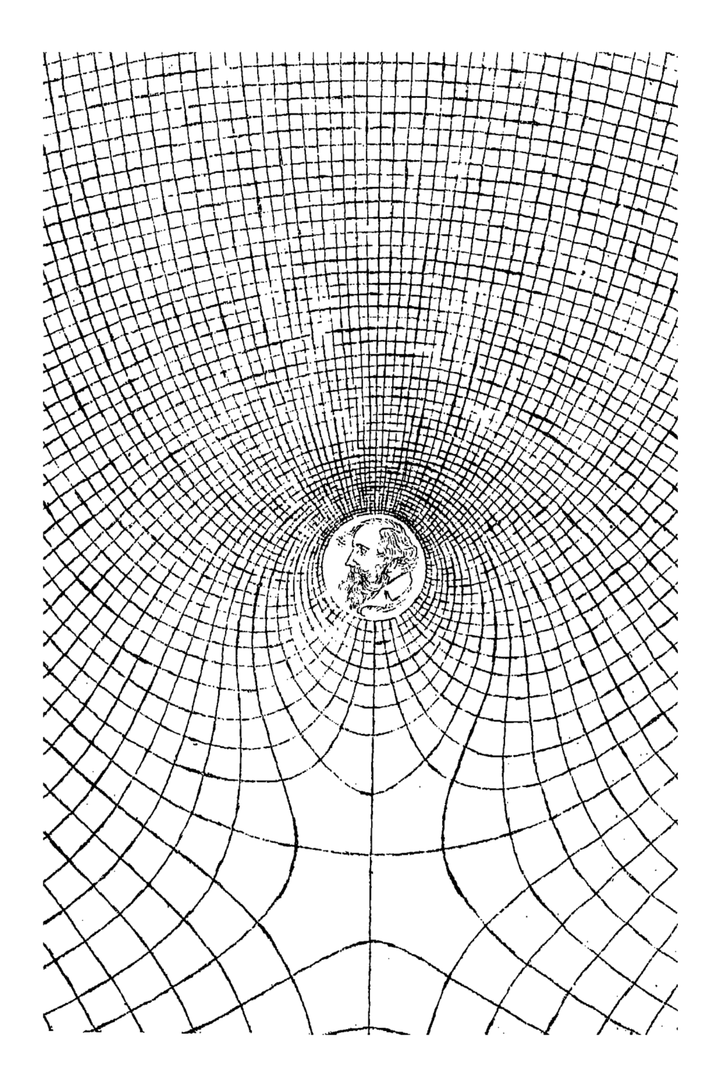
فتح جيمس كلارك ماكسويل ، أعظم عالم للفيزياء فى القرن التاسع عشر ، عهدا جديدا فى العلم ، ويرجع إليه الفضل فى كثير مما يميز عالم اليوم عن عالمه هو . ولما كانت أروع كشوفه ثمرة بحوث نظرية غـير تطبيقية ، فإنه غالباً ما ينظر إليه كمثال للعالم الذى يشيد نظمه بالقلم والورق . ولـكن هذا الفهم غير صحيح ، فقد كان ماكسويل يجمع بين بصيرة فيزيائية نافذة ومقدرة رياضية هائلة . وبينما كان ينفذ إلى أعماق الظواهر الفيزيائية لم تـكن تفوته المشاهدات أو الملاحظات التى تستحق الشرح . وكان هذا الجمع والربط بين الواقع الملموس والأمور المجردة هو أكبر ما يميز معظم بحوثه .

ولد ماكسويل فى مدينة أدنبرة يوم ١٣ نوفمبر عام ١٨٣١ ، وهو العام الذى أعلن فيه فاراداى كشفه الشهير عن التأثير الـكهربى المغناطيسى . ونشأ فى أسرة أسكتلندية قـديمة اشتهر أفرادها بالفردية « التى قد تصل إلى حد الشذوذ » ، كما اشتهروا أيضاً

بالمواهب (فكان منهم قضاة محترمون، وسياسيون ، وأصحاب مناجم، وتجار ، وشعراء ، وموسيقيون) . وكان هو الابن الوحيد لمحام لم يهتم كثيراً بمزاولة مهنة المحاماة بل وجه اهتمامه نحو إدارة مزرعته الصغيرة ، واشترك فى إدارة شئون المقاطعة ، وركز اهتمامه وحبه على تربية ولده . كان والد ماكسويل رجلا بسيطاً ولطيفا يميل إلى المرح ولديه شغف بالمسائل الميكانيكية . وقيل عن أمه إنها كانت « ذات مزاج حاد » .

أمضى چيمس ، كما كانوا يسمون الطفل ، فترة طفولته المبكرة فى مزرعة العائلة فى جلينلير ، وهى تبعد مسيرة يومين بالعربة عن مدينة إدنبرة . وكان قصير النظر ، مليئاً بالحيوية ، محبوباً ودوداً ، كثير التساؤل كوالده ومغرماً بالآلات مثله كذلك ، وكان هدفه دائماً أن يعرف « كيف تعمل » . وكثيراً ما كان يسأل « كيف تعمل هذه الآلة ؟ » فإذا لم تشفه الإجابة ، كان يضيف « ولكن كيف تعمل بالذات ؟ » . وكان أول اختراعاته مجموعة من الأرقام « لعجلة الحياة » ، وهى لعبة علمية يخيل للناظر إليها أنها تتحرك باستمرار ؛ وكان مغرماً بعمل الأشياء بيديه ، وبعد ذلك ، عندما كبر ، عرف كيف يصمم النماذج التى تحتوى على أكثر الحركات تعقيداً ، وغيرها من العمليات الفيزيائية .

ماتت أم ماكسويل بمرض السرطان عندما كان فى التاسعة من



عمره ، وهو المرض الذى قضى عليه بعد ذلك بأربعين عاما . وقد وحد موت الأم وقرب بين الأب والابن . بدأ الولد تعليمه بعد ذلك بعام واحد فى أكاديمية أدنبرة . وكانت تجاربه الأولى فى التعليم أليمة ، فقد كان مدرسه ، وهو رجل أسكتلندى جاف اكتسب سمعته التربوية من كتاب وضعه عن الأفعال الإغريقية الشاذة ، يطلب من تلاميذه أن يحافظوا على النظام ، وأن يلموا بالمواد العادية ، ولا داعى للابتكار والأصالة . ولم تكن هذه الصفات متوفرة لدى ماكسويل . وخلقت ملابسه له مشكلة ، فقد وضع أبوه تصميم هذه الملابس وكان يصر على أن تكون ملابسه « صحية » وأن يكون حذاؤه مربع المقدمة وأن يلبس قميصاً ذا شريط متعرج . ولذلك فقد سماه زملاؤه من التلاميذ « رافتى » وكانوا يسخرون منه ، ولكنه كان ولداً عنيداً وأمكنه بمضى الوقت أن يكتسب احترام زملائه مع أنه استمر يحيرهم بتصرفاته .

* * *

ولقد بدأ اهتمام ماكسويل وشغفه بالرياضيات فى الظهور تدريجياً أثناء الدراسة . وكتب إلى أبيه يقول إنه صنع « المجسم ذا الأربعةسطوح ومثلثيه المجسم ذا الإثنى عشرسطحاًواثنين آخرين من المجسمات التى لا يعرف أسماءها الصحيحة » . وعندما كان فى

الرابعة عشرة من عمره حاز ميدالية الأكاديمية فى الرياضيات وكتب بحثاً عن تصميم المنحنيات البيضاوية الكاملة بوساطة الإبر والخيط. وكان صبى آخر عجيب هو ، رينيه ديكارت ، قد سبقه فى هذا المجال ، ولكن أعمال ماكسويل كانت أصيلة. وكان يوماً رائعا للأب والابن عندما استمعا إلى بحث الابن عن البيضاويات يقرأه الأستاذ جيمس فوربس أمام الجمعية الملكية فى أدنبره ، وقوبل البحث ، كما كتب الوالد فى مذكراته : « باهتمام كبير وموافقة عامة » .

وبعد أن أمضى ماكسويل ست سنوات فى الأكاديمية دخل جامعة أدنبره. وكان عمره ١٦ عاما، لا يستقر ، غامض، ذو موهبة خارقة ، يكتب شعراً غريبا عن مصير المادة والطاقة

عندما تتجمد الأرض والشمس

وتندثر كل طاقاتها

سوف تتلاشى المادة فى الأثير

ويسجل صديقه ومؤرخ حياته لويس كاميل أنه كان أنيقا «ولو أنه كان يعارض تماما خيلاء الملابس المنشاة والقفازات» ، وأنه كان يصيبه « الرعب من تحطيم أى شيء - حتى مجرد ورقة تسويد » . كان يقرأ بنهم ويمضى وقتا طويلا فى التأملات الرياضية

وفى التجارب الكيميائية والمغناطيسية والكهربية . » وعندما كان يجلس إلى المائدة كان يبدو بعيداً عما يجرى ، منغمسا فى ملاحظة تأثير الضوء المنكسر خلال الزجاج ، الذى يصنع مطيافا غير مرئى ، وما إلى ذلك من الأمور . وكثيراً ما كانت عمته الآنسة كاى تصرخ فيه لتجذب انتباهه قائلة « چيمس ، إنك سارح فى فرض رياضى » .

وكان ماكسويل ، فى أثناء وجوده فى أدنبره يواظب على حضور اجتماعات الجمعية الملكية ، ونشر فى مجلتها اثنين من بحوثه أحدهما « عن نظرية المنحنيات الدوارة » والآخر « عن توازن الأجسام المرنة » . ولم يكن يقرأ هذه البحوث بل كان يتلوها غيره من الأعضاء فى الجمعية الملكية « لأنه لم يكن من الملائم أن يصعد صبى فى سترة مستديرة إلى المنصة هناك » . وفى أثناء عطلاته التى كان يقضيها فى جلنلير، كان يكتب إلى أصدقائه عن مختلف أعماله . وكان الكثير من رسائله يعبر عن شغفه الشديد بالفلسفة الأخلاقية ، مما يعكس تعاطفه الاجتماعى وغيرته المسيحية ، وذلك الخليط الذى لم يكن شيئا غير عادى فى القرن التاسع عشر ألا وهو التعقل والإيمان البسيط . فقد كان الناس يعتقدون فى ذلك العصر أنه يمكنهم دراسة مسائل الحكمة والسعادة والخير كما يدرسون الضوء والميكانيكا .

وفى عام ١٨٥٠ التحق ماكسويل بجامعة كامبردج وتتلمذ على يدى ويليام هوبكنز الذى كان يعتبر أقدر مدرسى الرياضيات فى عصره ، فأعده لامتحان فى الرياضـــة يتنافس فيه أنبغ الطلبة وأبرعهم . وكان هوبكنز قد أدرك منذ اللحظة الأولى مواهب الشاب الإسكتلندى ذى الشعر الأسود ، ووصفه بأنه « أعجب رجل قابلته » ، ثم أضاف « إنه يبدو من المستحيل عليه أن يفكر تفكيراً غير سليم فى المسائل الفيزيائية » .

وكان ماكسويل يبدى من الاهتمام بالنشاط الاجتماعى والثقافى فى الجامعة قدر ما كان يعمل بجد واجتهاد فى تحصيل العلم والدراسة . وقد انتخب عضواً بنادى الحواريين ، وهو ناد يضم ١٢ عضواً ، وظل عدة سنين يضم نخبة ممتازة من أشهر شباب كامبردج . وقد وصفه أحد معاصريه بأنه « أكثر الزملاء بهجة وظرفاً وواضع نظريات كثيرة عجيبة ، وناظم للكثير من القطع الشعرية » . ولم تكن أقل نظرياته غرابة هى تلك النظرية المتعلقة بأوقات النوم ، فقد كان ينام من الخامسة بعد الظهر إلى التاسعة والنصف ، ثم يقرأ بغزارة من العاشرة إلى الثانية صباحاً ، ثم يقوم ببعض التمرينات الرياضية وخاصة الجرى فى الممرات وعلى السلالم من الثانية إلى الثانية والنصف صباحاً ثم يعود إلى النوم مرة أخرى من الثانية والنصف إلى السابعة صباحا. ولم تعجب هذه التصرفات زملاؤه من سكان بيت الطلبة ، ولكن

ماكسويل أصر على تجاربه الغريبة . وكان أحد مباحثه الأخرى هو دراسته للطريقة التى تنزل بها القطة دائماً على أقدامها ، إذ أوضح أن القطة يمكنها أن تعيد نفسها إلى الوضع الطبيعى تماما حتى ولو أسقطت فى وضع مقلوب على مائدة أو سرير من ارتفاع بوصتين .

وفى صيف عام ١٨٥٣ أصابه « نوع من الحمى المخية » . وظل ماكسويل مريضا عدة أسابيع ولازمته آثار هذا المرض فترة طويلة بعد إبلاله منه ؛ ولا شك أن تلك الفترة كانت من الأوقات العصيبة بالنسبة له ، ولكن أسبابها ظلت خافية غير معروفة . وكل ما يعرف عنها أنها أدت إلى زيادة إيمان ماكسويل الدينى ، وهو ورع عميق مخلص، يقرب من الكالفنية الأسكتلندية ولكنه لا يمكن أبداً تشبيهه بأى نظام أو طائفة خاصة . وكان من عادته أن يقول : « إننى لا أحتمل الهرطقة » .

وفى يناير عام ١٨٥٤ دخل ماكسويل امتحان المسابقة فى بيت السينت بكامبريدج ، وقد لف بطانية حول رجليه وقدميه ، حسب نصيحة والده . لكى يخفف من حدة البرد القارس،وكانت حرارته مرتفعة . ومع ذلك كان ترتيبه فى المسابقة الثانى ، وكان الأول هو الرياضى الشهير إدوارد روث (وفى مسابقة أخرى بكامبريدج ،

للحصول على « جائزة سميث » ، حيث كانت مواد الاختبار أكثر تقدما ، حصل ماكسويل وروث معاً على المكانة الأولى) .

* * *

وبعد حصوله على شهادته، بقى ماكسويل مدة عامين فى ترينتى ، يدرس ، ويحاضر ، ويعطى دروساً خاصة للتلاميذ ، ويجرى تجارب فى علم الضوء . وقد صمم نحلة ذات أقراص ملونة لدراسة اختلاط الألوان ، وقد أمكنه أن يثبت أن تركيباً مناسباً من ثلاثة ألوان أولية — وهى الأحمر والأخضر والأزرق — ينتج عنها « لدرجة قريبة جداً من التقريب » كل ألوان الطيف تقريباً . وحصل أخيراً على ميدالية رامفورد من الجمعية الملكية نتيجة بحوثه هذه عن الإحساس بالألوان .

ولعل أهم نشاط زاوله ماكسويل فى العامين اللذين لحقا تخرجه ، وهما العامان اللذان قضاهما فى ترينتى ، كان قراءته لكتاب فاراداى عن « بحوث تجريبية » ، وكذلك بدء دراساته فى الكهرباء ، وهى الدراسات التى أدت إلى أعظم كشوفه . وقبل مغادرته ترينتى نشر أول عمل كبير له وهو بحث جميل « حول خطوط القوى لفاراداى » .

وفى عام ١٨٥٦ عين ماكسويل أستاذاً لكرسى الفلسفة الطبيعية بكلية ماريسشال بمدينة أبردين ؛ وكان من ضمن الأسباب التى حدت

به إلى التقدم لهذا المنصب رغبته فى أن يكون بقرب والده الذى كانت صحته قد أخذت فى التدهور ، ولكن أباه مات قبل تعيينه فى منصبه الجديد ببضعة أيام . وكانت وفاة أبيه صدمة له وخسارة لا تعوض ، فقد كانا دائماً قريبين من بعضهما البعض ، كما يجب أن يتقارب الأب وابنه . وفى أبردين استأنف ماكسويل بحوثه فى الكهرباء . وكان حمله فى التدريس خفيفاً . ومع أنه كان يأخذ التدريس مأخذ الجد إلا أنه لا يمكن القول إن ماكسويل كان مدرساً عظيماً ؛ فقد كان يجد صعوبة مع الفصول التى لا تتميز بالذكاء . ولم يستطع أن ينفذ النصيحة التى كان قدقدمها لصديق له كان عليه أن يلقى موعظة فى إحدى المقاطعات ، عندما قال له : « لا تثقل عليهم واجعلها خفيفة على قلوبهم » .

واضطر ماكسويل إلى قطع دراساته فى الكهرباء التى كان يجريها فى أبردين مدى عامين تفرغ فيهما للإعداد لمسابقة أجرتها جامعة كامبريدج للحصول على جائزة عن بحث حول حلقات الكوكب زحل . هل هذه الحلقات صلبة ، أم هى مائية ؟ أو هل تتكون هذه الحلقات من كتل من المادة غير متماسكة ؟ وكان على الباحث أن يثبت أى نوع من هذه التركيبات للحلقات يمكنه أن يفسر تفسيراً سليماً حركة واستمرار هذه الحلقات . واستطاع ماكسويل ، فى رسالة رائعة تقع فى ٦٨ صفحة ، وصفها سير چورچ

أيرى ، عضو المرصد الملكى ، بأنها أعظم ما رأى من تطبيق للرياضيات ، استطاع ماكسويل أن يبرهن على أن التركيب الوحيد الثابت لابد وأن يتكون من جسيمات غير متماسكة . ونالت رسالته الجائزة ولكنها أيضاً أرست مكانته كأحد قادة الفيزياء الرياضية .

ولقد أثارت بحوثه عن زحل شغفه بنظرية حركة الغازات . وكان الذين سبقوا ماكسويل فى هذا المجال من أمثال رودلف كلوزياس ودانيال برنولى وچيمس چول وغيرهم ، قد نجحوا فى تفسير كثير من خواص الغازات مثل الضغط والحرارة والكثافة ، وذلك بفرض أن الغاز يتكون من جسيمات سريعة الحركة . إلا أنهم لتسهيل معالجة الموضوع رياضياً افترضوا أن كل جسيمات الغاز تتحرك بنفس السرعة . وقد وجد ماكسويل أن هذا الفرض لا يمكن قبوله ، وذلك لأن التصادم بين الجسيمات لابد أن يعطيها سرعات مختلفة . فإذا كان لعلم الغازات أن يتطور على « أسس ميكانيكية سليمة » فلابد ، كما قال ، من أخذ هذا العامل فى الاعتبار ، ولابد من إدخاله فى المعادلات الرياضية التى تعالج قوانين حركة الجسيمات .

وأخذ ماكسويل فى دراسة رياضية لمجموعة من الجسيمات المتصادمة باعتبارها « كريات صغيرة صلدة وتامة المرونة لا تأثير

لإحداها على الأخرى إلا فى أثناء التصادم ، . ولما لم يكن من الممكن تناول هذه الجزيئات الكثيرة منفردة كل على حدة ، فقد أدخل الطريقة الاحصائية فى تناولها ، فافترض أن توزيع السرعات بين جزيئات الغاز إنما يتبع المنحنى الشهير لتوزيع الذبذبات والذى يشبه الجرس فى شكله ، والذى ينطبق أيضاً على كثير من الظواهر مثل عدد الإصابات التى تصيب هدفا ما ، إلى توزيع أطوال الرجال بين مجموعات مختلفة منهم . وهكذا ، فإنه فى الوقت الذى قد لا نستطيع فيه تحديد سرعة جزىء واحد منفرد نستطيع وصف سرعة مجموعة من الجزيئات . وعندما استطاع ماكسويل إعطاء وصف كمى لسرعات جزيئات الغاز ، أمكنه التوصل إلى معادلة دقيقة لضغط الغاز . ومن العجيب أن هذه المعادلة لم تختلف عن المعادلة الأخرى التى بنيت على أساس أن لجميع جزيئات الغاز سرعة واحدة ، ولكن أمكن فى النهاية التوصل إلى النتيجة السليمة عن طريق التفكير الأسلم . كما أمكن ، بفضل تعميم ماكسويل وبراعته الرياضية ، استخدام وسائله فى جميع فروع الفيزياء تقريباً .

ثم أخذ ماكسويل فى دراسة عامل آخر كان لا بد من تحديده نظرا لأهميته بالنسبة للصياغة الدقيقة لقوانين الغازات ألا وهو : المسافة التى يسيرها الجزىء ، فى المتوسط ، بين كل تصادمين ،

أى متوسط مساره الحر . وفكر أن متوسط المسار الحر للجزيئات لأى غاز يمكن قياسه بوساطة لزوجة الغاز ، فإذا افترضنا أن الغاز يتكون من مجموعات من الجزئيات ذوات السرعات المختلفة والتى تنزلق كل مجموعة منها فوق الأخرى ، بحيث يتولد عن هذا احتكاك ، فإنه سينجم عن هذا لزوجة الغاز . وعلى هذا يرتبط متوسط المسار الحر للجزئيات بلزوجة الغاز على النحو التالى : تصور طبقتين من الجزئيات تنزلقان الواحدة فوق الأخرى ، فإذا سار جزىء مارق من طبقة لأخرى مسافة قصيرة قبل اصطدامه بجزىء آخر ، فإن الجسيمين لا يتبادلان الكثير من العزم ، وذلك لأن فرق السرعة بين الطبقتين ، قرب الحدود الفاصلة بينهما يكون ضئيلا. ولكن إذا اخترق الجزىء مسافة طويلة فى الطبقة الأخرى قبل اصطدامه بجزىء آخر ، فإن مفاضل السرعة يكون أكبر ؛ وبذلك يكون تبادل العزم بين الجزيئين المتصادمين أكبر كذلك . وهذا الاستنتاج يعنى أن الغاز الذى له لزوجة عالية يجب أن يكون لجزيئاته متوسط مسار حر أطول . وبذلك استنتج ماكسويل الحقيقة التى قد تبدو محيرة وهى أن لزوجة الغاز لا تعتمد على كثافته ، وذلك لأن زيادة احتمال التصادمات فى غاز كثيف تنقضها حقيقة أنه فى مثل هذا الغاز لا ينتقل الجزىء طويلا فى طبقة أخرى قبل أن يصطدم بجزىء آخر . ولإيجاد توازن ، إذن ، لا بد أن يبقى

العزم المنقول عبر وحدة المساحات فى الثانية ثابتا بغض النظر عن الكثافة .

وبذلك وضع ماكسويل تصميما ميكانيكيا للغاز باعتباره مجموعة من الجسيمات المزدحمة «تحمل معها كميات حركاتها وطاقاتها» ، تسير مسافات معينة ، تصطدم ، تغير حركتها ، تستأنف سيرها ، وهكذا . وهكذا أمكن بوساطة هذه الصورة التى أعطاها ماكسويل للغاز التوصل إلى تعريفات كمية دقيقة للخواص المختلفة للغازات ألا وهى اللزوجة والإنتشار وحرارة التوصيل . وكان هذا العمل انتصارا علميا من الدرجة الأولى . وقد وجه الكثير من النقد إلى هذا النموذج على أساس أن جزيئات الغاز ليست صلده ولا هى تامة المرونة ، مثل كرات البلياردو ، كما أن تأثيرها بعضها على البعض الآخر لا يقتصر على وقت التصادم . ومع كل هذا ، وبالرغم من كل هذه النقائص والأخطاء فى هذا النموذج ، فإن النتائج التى وصفها سير جيمس جينز بأنها « لا بد أن تكون ممعنة فى الخطأ» قد أثبتت أنها صحيحة للغاية ، وما زال قانون ماكسويل عن سلوك الغازات مستعملا ليومنا هذا .

كان عالم الفيزياء الألمانى لودفيج بولتزمان ، الذى أدرك مغزى وأهمية هذه الكشوف ، قد بدأ فى تنقيح وتعميم برهان

ماكسويل ، وأوضح ان توزيع ماكسويل للسرعات إنما هو الاحتمال الوحيد الممكن لحالة التوازن فى الغاز . وحالة التوازن هذه ، كما أدركها كلا الرجلين ، إنما هى الشرط الحركى الحرارى لحالة الأنتروبى أو درجة التعادل العظمى ، أى حالة الاضطراب الكبرى ، التى تصبح فيها كمية الطاقة الصالحة لإعطاء شغل مفيد أقل ما يمكن .

وأدى مفهوم درجة التعادل بماكسويل إلى اكتشاف إحدى صور العلم الحديث الشهيرة وهى صورة « الجنية الفارزة » . إن الأنتروبى المتزايد هو مصير الإنسان لأننا لسنا على قدر كاف من الذكاء . ولكن الجنية قد وهبت القدرة على فرز جسيمات الغاز البطيئة الحركة وفصلها عن الجسيمات السريعة ، وبذلك تحيل الفوضى إلى نظام . كما تحول الطاقة غير النافعة أو التى ليست فى متناول اليد إلى طاقة نافعة تحت التصرف . وقد تصور ماكسويل إحدى هذه الجنيات الصغيرة الذكية ، تتحكم فى باب يتحرك دون ما احتكاك ويفصل بين جزئين من إناء ملىء بالغاز . فإذا تحرك جزىء سريع الحركة من اليسار إلى اليمين ، تفتح الجنية الباب ، ولكن عندما يقترب جزىء بطىء الحركة فإنها تغلق الباب . وبذلك تتراكم الجزيئات السريعة الحركة فى الجزء الأيمن من الإناء ، والجزيئات البطيئة الحركة فى الجانب الأيسر . وبذلك ترتفع درجة حرارة الغاز فى الجزء الأول بينما يبرد الغاز الذى فى النصف

الثانى » . وبذلك تحبط الجنية القانون الثانى من قوانين الديناميكا الحرارية . ويقال إن الكائنات الحية تستطيع أن تقوم بمثل هذه العملية إذ يقول إروين شرودينجر إنها تمتص الأنتروبى السلبى من بيئتها على هيئة الغذاء الذى تأكله والهواء الذى تستنشقه .

وكان كل من ماكسويل وبولتزمان ، وهما يعملان منفصلين ولكن فى منافسة هادئة ، قد حققا تقدما ملموسا فى شرح وتفسير سلوك الغازات بوساطة الميكانيكا الإحصائية . ولكن قابلتهما بعد مضى بعض الوقت ، عقبات كؤود . فهما لم يتمكنا ، مثلا ، من وضع معادلات نظرية دقيقة للحرارة النوعية لبعض الغازات (الحرارة النوعية هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الغاز درجة واحدة مئوية) . والتفسير الصحيح لما قابلهما من عقبات لا يمكن أن تقدمه سوى نظرية الكمات التى ظهرت فيما بعد ، وهى النظرية التى أوضحت أن دوران الجزيئات حول نفسها وذبذبتها إنما تأخذ قيما محددة . ولكن لم يكن لنظرية الكمات ولا للنظرية النسبية ولا لغيرها من سبل الفكر التى أدت إلى ثورة فى علم الفيزياء فى القرن العشرين ، لم يكن لكل هذا أن يأخذ مكانه ويظهر لولا الجهود الرائعة لهذين العالمين فى تطبيق الوسائل الإحصائية فى دراسة الغازات .

* * *

فى فبراير عام ١٨٥٨ ، كتب ماكسويل لعمته الآنسة كاى يقول : « أكتب إليك هذه الرسالة لأخبرك بأننى سوف أتخذ لى زوجة » . ثم أضاف : « ولكن لا تخافى ، إنها ليست متخصصة فى الرياضيات ، ولكنها تتصف بصفات أخرى ، ومن المؤكد أنها لن توقف جهودى فى الرياضيات » . كانت عروسه هى كاترين مارى ديوار ابنة عميد كلية ماريشال . وكان زواجهما موفقاً وثيق العروة ، فكانا ينعمان بالاشتراك فى كثير من الأعمال مثل ركوب الخيل والقراءة والترحال ، كما وجد لها عملا نافعا له فى تجاربه العلمية . ولم ينجبا أطفالا ولكن هذا زاد من تعاطفهما وحبهما وتفانيهما .

وفى صيف عام ١٨٦٠ انتقل ماكسويل إلى لندن لكى يعمل أستاذاً للفلسفة الطبيعية فى كلية الملك ، وبقى بها مدة خمسة أعوام . وقد أتاح له سكنه فى لندن فرصة التعرف على فاراداى ، الذى لم يكن يعرفه إلا عن طريق المراسلة ، كما أتاح له التعرف على غيره من العلماء . ولم يكن ماكسويل ممن يحبون العزلة ، فقد كتب إلى صديقه ليتشفيلد يقول : « إن العمل والقراءة من الأشياء الطيبة ولكن الأصدقاء أفضل منهما » . وبالرغم من مشاغل ماكسويل الاجتماعية وعمله المرهق فى التدريس بالكلية ، فإن السنوات الخمس التى قضاها فى لندن كانت من أخصب سنى حياته . وقد واصل

فيها أبحاثه عن الغازات ، ففي الغرفة الواسعة الواقعة فى الطابق الأعلى بمنزله بحى كنسنجتون عين لزوجة الغازات وحصل على البيانات العملية التى أيدت نظرياته العلمية . (وكان يوقد نارا حتى فى أشد أيام القيظ لكى يحافظ على درجة حرارة الغرفة ثابتة كما كان يضع الغلايات فوق النار لكى يملأ بخارها الغرفة . وكانت مسز ماكسويل تعمل وقادا) . ولكن بحوثه الرئيسية كانت فى نظرية الكهرباء ، وهى البحوث التى كان قد تركها ردحا من الزمن ثم عاد إليها .

* * *

كانت تجارب فاراداى قد توجت بحوثا استمرت قرنا من الزمان (وهى بحوث قام بها كولوم وأورستد وأمبير وغيرهم) وكانت هذه البحوث قد أثبتت كثيراً من الحقائق عن الكهرباء وعلاقتها بالمغناطيسية ، فقد أوضحت أن الشحنات الكهربية تتجاذب وتتنافر حسب قانون الجاذبية (أى أن هذا الجذب أو التنافر يتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما) ؛ كما أوضحت أن التيار يولد مجالا مغناطيسيا ، وأن المغناطيس المتحرك يولد تيارا ؛ وأن تيارا كهربيا فى إحدى الدوائر يولد تيار حث فى دائرة كهربية أخرى .

وكان انتباه ماكسويل فى ذلك الوقت موجها إلى محاولة تفسير هذه الظواهر . ما هو المجال ؟ وكيف تؤثر الكهرباء والمغناطيسية خلال الفضاء ؟ وكان فاراداى قد اقترح مفهوما جديدا للإجابة عن هذه الأسئلة ، وكانت أفكار فاراداى هذه هى التى أثارت شغف ماكسويل .

كان معظم علماء الفيزياء النظرية قدحاولوا المقارنة بين الكهرباء والجاذبية وسعوا لتفسير هذه الظواهر بوساطة نظرية « العمل من بعيد » . كانوا يتصورون أن أية شحنة (أو كتلة) عند نقطة ما فى الفضاء تؤثر بشكل غامض فى شحنة (أو كتلة) عند نقطة أخرى ، دون أية علاقة أو رابطة من أى نوع بين الشحنتين (أو الكتلتين) . ولكن فاراداى ، لكى يفسر الكهرباء ، افترض وجود نظام ميكانيكى ، وزعم أن التأثير الكهربى والمغناطيسى إنما يتم خلال خطوط للقوى تنتشر فى الفضاء ، وهى ليست مجرد خطوط للقوى وهمية ، ولكنها خطوط فيزيائية واقعية لها خواص الشد والتنافر والحركة وغيرها .

وقد لخص ماكسويل الاختلاف بين وجهتى النظر بشكل رائع حين قال : « بينما كان فاراداى يرى بعين خياله خطوطا للقوى تعبر الفضاء كله ، كان الرياضيون يرون مراكز للقوة تؤثر من بُعد ؛

وبينما كان فاراداى يرى وسطا لم يروا إلا المسافة ، وبينما كان فاراداى يبحث عن أصل الظواهر فى عمل واقعى يحدث فى الوسط ، كانوا مقتنعين أنهم وجدوا أساس هذه الظواهر فى قوة العمل من بعد وتأثيرها على السائل الكهربى» .

كان ماكسويل مؤمنا بمفهوم فاراداى ، ولذلك فقد أخذ على عاتقه تطويره وتنميته . وفى أول بحث له « حول خطوط القوى لفاراداى » حاول تصور نموذج يحيط بخطوط فاراداى ، ويمكن التعبير عن سلوكه بالمعادلات والأرقام . وهو لم يدّع أن النموذج يمثل واقع الأحوال ، ولكنه كان يشعر أنه من المهم « أن نلم بمفهوم فيزيائى واضح . دون أن نرتبط بأية نظرية مبنية على العلوم الفيزيائية نستمد منها ذلك المفهوم » . ولعل هذه الوسيلة تجنب الباحث سبلا قد تؤدى به إلى أشياء مجردة أو « تقودنا بعيدا عن الحقيقة نتيجة لوجود افتراض مستحب » .

وقد افترض ماكسويل أنموذجا هيدروديناميكيا أدخل فيه خطوط فاراداى للقوى على هيئة « أنابيب للتدفق » تحمل سائلا غير قابل للضغط مثل الماء . ويمثل السائل المتحرك فى الأنابيب الكهرباء فى حركتها ؛ ويعبر شكل الأنابيب وقطرها عن قوة التدفق واتجاهه ، وتتكافأ سرعة السائل مع القوة الكهربية ؛ ويمكن

مقارنة اختلافات ضغط السائل باختلاف الجهد الكهربى ؛ وعندما ينتقل الضغط من أنبوبة لأخرى بوساطة سطوح الأنابيب المرنة فإن هذا يشبة التأثير الكهربى . وبتطبيق المعادلات المعروفة للهيدروديناميكا على مثل هذا الأنموذج ، استطاع ماكسويل تفسير كثير من الشواهد المتعلقة بالكهرباء .

كان هذا بحثا رائعا ، عبر فاراداى عن تقديره له عندما كتب لماكسويل قائلا « لقد خفت أول الأمر عندما وجدتك تعالج الموضوع بهذه القوة الرياضية ، ولكن تملكنى العجب عندما رأيت نجاحك فى معالجة الموضوع » . ولكن الباحثين الآخرين لم يروا فى هذا البحث كل ذلك النجاح . لقد كان يكتنف الكهرباء ما يكفيها من الغموض ولم تكن فى حاجة إلى إضافة أنابيب السوائل غير القابلة للضغط . ولكن ماكسويل ، وقد اعتاد أن يوصف بأطواره الغريبة ، لم يأبه بهذا واستمر فى تطوير آراء فاراداى وأفكاره .

* * *

أما البحث الثانى العظيم لماكسويل فكان « حول خطوط القوى الفيزيائية » . وقد نشره بعد عودته إلى دراسة موضوع الكهرباء فى لندن . وفى هذا البحث وضع تصميما لأنموذج آخر أكثر تكاملا

لكى يفسر به تأثيرات الكهرباء الإستاتيكية ، وكذلك لتفسير التجاذب المغناطيسى والتأثير الكهربى المغناطيسى . وفى هذا الأنموذج الجديد اعتبر أن « الزوبعات الجزيئية» التى تدور فى الفضاء إنما هى العوامل التى تولد المجالات المغناطيسية . ويمكن تصور الزوبعة الجزيئية على أنها أسطوانة رفيعة تدور حول خطوط القوى المغناطيسية . ويرتبط عاملان ميكانيكيان بهذه الأسطوانات وهما : الشد فى اتجاه خطوط القوى ، والضغط الجانبى الناشىء من القوة الطاردة المركزية الناتجة عن دوران الأسطوانات . وارتباط هذين العاملين ميكانيكيا يولد الظواهر المغناطيسية . إن المغناطيسية عبارة عن قوة تؤثر فى اتجاه المحور كما تؤثر من المحور إلى الخارج .

واصل ماكسويل جهوده لكى يوضح كيف أن هذا الأنموذج العجيب قد يفسر تولد المجال المغناطيسى بوساطة تيار كهربى وكذلك تولد تياراً كهربيا بوساطة مجال متغير ، فافترض أولا أن المجال المغناطيسى الموحد يتكون من جزء من الفضاء ملىء بأسطوانات تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » . ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور فى نفس الاتجاه فكلنا يعلم أن دوران اسطوانة أو عجلة فى اتجاه ما يؤدى إلى دوران العجلة المجاورة لها فى الاتجاه المضاد . وهنا خطرت لماكسويل فكرة رائعة . إذن لا بد من وجود كرات صغيرة ، مثل طبقات رمان البلى ،

بين الأسطوانات (أطلق ماكسويل على هذه الكرات اسم « العجلات الخاملة ») ، وبذلك أمكن أن تدور الأسطوانات فى نفس الاتجاه .

وهنا ، كوفئ ماكسويل على نبوغه إذ أدرك أن هذه الكرات يمكن أن تلعب دورا آخر ذا قيمة أكبر . لماذا لا تمثل هذه الكرات الجسيمات الكهربية ؟ وبذلك يمكن تصور وفهم كثير من الظواهر الكهربية بدراسة الحركة الميكانيكية لهذه الكرات .

ولنضرب الأمثلة التالية : عندما تدور الأسطوانات فى مجال مغناطيسى غير متغير ، فإن معدل دورانها يظل ثابتا ، وتحافظ الكرات الصغيرة الدائرة على أوضاعها ، ولا تتدفق الجسيمات ولا يتولد تيار كهربى . ولكن إذا حدث تغيير فى القوة المغناطيسية ، فإن هذا يعنى حدوث تغيير فى سرعة دوران الأسطوانات . وكلما زادت سرعة كل أسطوانة ، فإن هذه الزيادة فى السرعة تنتقل إلى الأسطوانة المجاورة وهكذا . ولكن لما كانت سرعة دوران كل أسطوانة تختلف عن سرعة الأسطوانة المجاورة ، فإن هذا يؤدى إلى انتزاع الكرات الموجودة بينها من مواضعها . وهذه الحركة الانتقالية للكرات أو للجسيمات تمثل التيار الكهربى .

وهنا يتخذ هذا الأنموذج لنفسه حياة خاصة . فبعد أن كان قد

صمم أولا لتفسير تولد التيارات الكهربية من التغيرات المغناطيسية ، إذا به يوحى لماكسويل تفسيراً لتولد المغناطيسية من تغير القوة الكهربية . ولنفرض الآن أن الكرات والأسطوانات فى حالة سكون . فإذا أثرت قوة ما فى الكرات الكهربية ، ودفعتها للحركة ، فإن أسطوانات المغناطيسية الملتصقة بها سوف تأخذ فى الدوران ، مولدة بذلك قوة مغناطيسية . ويصمد هذا الأنموذج كذلك أمام التفاصيل . ولنأخذ مثالا واحداً على ذلك . إن دراسة أنموذج ماكسويل تبين أن : الأسطوانات تدور فى الاتجاه العمودى لحركة الكرات ، وبذلك يفسر ما شوهد من أن المجال المغناطيسى يعمل فى اتجاه عمودى على اتجاه سريان التيار الكهربى !

ولقد كتب ماكسويل عن أنموذجه هذا فقال : « إننى لا أقدم هذا الأنموذج باعتباره حقيقة واقعة فى الطبيعة ولكنه أنموذج يعطى تفسيراً ميكانيكيا يمكن دراسته بسهولة للعلاقات بين الظواهر الكهربية والمغناطيسية المعروفة » . ومن بين هذه العلاقات الميكانيكية الأخرى التى أمكن لماكسويل أن يفسرها ، التنافر الكهربى بين سلكين متوازيين يحملان تيارين فى اتجاهين متضادين (حيث أرجع ذلك إلى الضغوط الطاردة المركزية ، للأسطوانات الدائرة ، على الجسيمات الكهربية فى الأنموذج) ، وكذلك فسر

تيارات الحث (نتيجة لانتقال سرعة الدوران من أسطوانة إلى أخرى).

ولم يترك ماكسويل أنموذجه عند ذلك الحد ، إذ كان على هذا الأنموذج أن ينجح فى الامتحان الأكبر : وذلك إذا أعطى تفسيراً ميكانيكيا لنشأة الموجات الكهربية المغناطيسية . وهنا يجدر بنا أن نتجه لدراسة موضوع المكثفات والعوازل ، إذا رغبنا فى أن نلم بهذا الموضوع .

كان فاراداى، فى أثناء إجرائه لتجاربه، قد توصل إلى حقيقة عجيبة، وهى أن نوع العازل المستخدم فى المكثف يؤثر تأثيراً كبيراً فى اختلاف سعة المكثف وقدرته على احتواء الشحنة . وكان من الصعب إعطاء تفسير لهذه الظاهرة طالما كانت العوازل متساوية فى عدم سماحها للتيارات الكهربية بالمرور . ولكن ماكسويل ، وبفضل أنموذجه ، أمكنه أن يقدم افتراضاً جريئا يقول إن الجسيمات الكهربية لا تستطيع أن تتحرك بحريتها من أسطوانة لأخرى فى المواد العازلة ، ومن ثم لا يسرى تيار كهربى . غير أنه كان من المعلوم أن «ظواهر كهربية محلية» تحدث فى هذه العوازل . ولذلك، فقد افترض ماكسويل أن هذه الظواهر إن هى إلا تيارات من نوع خاص ، فعندما تؤثر قوة كهربية على جسم عازل ، فإن

جسيمات الكهرباء تتزحزح ولكنها لا تنفرط ؛ إنها تتصرف كما لو كانت سفينة ألقت مراسيها فى بحر متلاطم ، تحركها الرياح حول مرساها فى مسافة محددة ، وإلى الحد الذى تتعادل فيه قوة الدفع مع قوة شدها إلى المرساة . وتتحرك الكرات الكهربية مسافات محددة حيث تتعادل قوة الدفع مع مقاومة الأسطوانات المرنة . وبمجرد أن تتوقف القوة الدافعة ترتد الجسيمات إلى أماكنها الأصلية . وعندما يرتد الجسيم فإنه لا يصل إلى موضعه الأصلى بل يتعداه ، ثم يأخذ فى الذبذبة حول هذا الموضع الأصلى . وهكذا تنتقل هذه الذبذبة خلال العازل على هيئة موجة . وهكذا يسرى تيار إزاحى لفترة قصيرة ، وذلك لأن الموجة إن هى إلا التيار . وإذا تغيرت القوة الكهربية المؤثرة على العازل بشكل مستمر ، تولدت موجة إزاحية متغيرة باستمرار ، أى تولد تيار مستمر .

وعلى إثر ذلك ، توصل ماكسويل إلى نتيجه تعتبر من النتائج الفاصلة وتتناول العلاقة بين سرعة الموجة الإزاحية أو التيار ، وسرعة الضوء . وهنا علينا أن نعود إلى أبحاث عالمى الفيزياء الألمانيين ويلهلم فيبر وفردريك كوهلراوش عن العلاقة بين قوة الكهرباء الإستاتيكية وقوة الكهرباء الديناميكية . وكانت وحدة شحنة الكهرباء الإستاتيكية تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين وحدتين من الشحنات المتماثلة بينهما وحدة المسافات . أما وحدة

شحنة الكهرباء الديناميكية فإنها تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين طولين معينين من سلكين يحملان تيارين كهربيين ، » ويمكن تعيينهما بكمية الشحنة التى تمر عبر أية نقطة فى وحدة الزمن » .

ولإيجاد مقارنة بين التنافر بين الشحنات الإستاتيكية والتنافر بين الشحنات المتحركة ، كان لابد من إدخال ثابت للتناسب ، وذلك لاختلاف الوحدات. وقد وجد أن هذا الثابت إنما يمثل سرعة ، وذلك لأن طول السلك ثابت ، وعدد وحدات الكهرباء التى تمر بنقطه معينه يمكن قياسه ، ولذلك فعلى الباحث أن يأخذ فى الاعتبار الطول مقسوما على الزمن وهذا يعنى السرعة . ولقد وجد فيبر وكوهلراوش أن سرعة انتقال الكهرباء عبر سلك جيد التوصيل تقرب من ٣ × ١٠^١٠ سنتيمتر فى الثانية . وكانت هذه مصادفة عجيبة ، لأن هذا الرقم يكاد يقارب تماماً سرعة الضوء التى سبق تعيينها قبل ذلك ببضع سنوات .

وهنا تابع ماكسويل هذه المصادقة وأيد أولا نتائج فيبر وكوهلراوش ، مستخدما ميزان لىّ لمقارنة التنافر بين شحنتين إستاتيكيتين وكذلك بين سلكين يحملان تيارين كهربيين ، كما عين فى نفس الوقت سرعة التيارات الإزاحية فى ثنائى التكهرب (أو الجسم العازل) . وجاءت النتائج متطابقة إلى حد كبير . وبمعنى

آخر فإن التيارات الكهربية فى الموصلات الجيدة ، والتيارات الإزاحية فى الأجسام العازلة ، والضوء فى الفضاء (وهو بالطبع جسم عازل) إنما تنتقل كلها بنفس السرعة . وعندما توصل ماكسويل إلى هذا البرهان لم يتردد فى تأكيد وجود الشبه بين هذه الظواهر وهى التحركات الكهربية والضوء ، وقال « إننا لا نستطيع أن نتجنب هذه النتيجة وهى أن الضوء يتكون من تموجات مستعرضة فى نفس الوسط الذى يسبب الظواهر الكهربية والمغناطيسية » .

وكان على ماكسويل بعد ذلك أن يطور أنموذجه ، ففى بحثه « نظرية ديناميكية للمجال الكهربى المغناطيسى » الذى نشره عام ١٨٦٤ ، كشف عن البناء الذى كان قد وضع تصميمه ، وكما قال سير إدموند هوتيكر : « لقد أزال السقالات التى ساعدته فى أول الأمر على بناء أنموذجه » ، فقد اختفت الجسيمات والأسطوانات ، وحل محلها المجال والأثير ، وهو نوع خاص من « المادة المتحركة يتولد عنها ما نشاهده من الظواهر الكهربية المغناطيسية » . وللمادة التى يتكون منها الأثير خواص عجيبة . إنها غاية فى الدقة وقادرة على اختراق الأجسام ؛ إنها تملأ الفضاء بوسط مرن ؛ إنها مركبة « التموجات الضوئية والحرارية » .

ومع كل ما يمتاز به الأثير من البراعة والمهارة والدقة فإنه

لا يقل فى تركيبه الميكانيكى عن الأسطوانات والكرات ، فهو يتحرك ، وينقل الحركة ويتشكل بمرونة ، ويختزن الطاقة الكامنة (الميكانيكية) ويطلقها عندما تزول عنه الضغوط التى تسبب تغير شكله . وهو باعتباره تركيبا ميكانيكيا ، كما قال ماكسويل « يجب أن يخضع للقوانين العامة للديناميكا ، ويجب علينا أن نكون قادرين على معالجة كل آثار حركته ، على شرط أن نعرف العلاقة بين حركات أجزائه المختلفة » . وقد أخذ على عاتقه مهمة حل هذه المسائل فتوصل إلى المعادلات الماكسويلية الشهيرة عن المجال الكهربى المغناطيسى . ولقد ظهرت هذه المعادلات فى شكلها النهائى فى كتابه عن الكهرباء والمغناطيسية الذى يجمع نتائج آرائه وأفكاره وتجاربه خلال عشرين عاما .

بنى ماكسويل هذه المعادلات على قواعد أربع وهى : (١) إذا أثرت قوة كهربية فى موصل تولد تيار يتناسب مع هذه القوة ؛ (٢) إذا أثرت قوة كهربية على جسم عازل تولدت إزاحة تتناسب مع هذه القوة ؛ (٣) يولد التيار الكهربى مجالا مغناطيسياً عموديا على اتجاه مرور التيار ويتناسب مع شدته ؛ (٤) يولد المجال المغناطيسى المتغير قوة كهربية تتناسب مع شدة المجال . وهناك تشابه وتناسق عجيب بين القاعدتين الثالثة والرابعة والقاعدة الثالثة هى قانون فاراداى للتأثير الكهربى المغناطيسى ، وحسب هذه

القاعدة فإن « معدل تغير عدد خطوط التأثير المغناطيسى التى تمر خلال دائرة كهربية يساوى الشغل المبذول فى نقل وحدة الشحنة الكهربية حول هذه الدائرة » . أما قانون ماكسويل المكمل لهذا ، وهو القاعدة الرابعة ، فإنه يقول إن « معدل التغير فى عدد خطوط القوة الكهربية التى تمر خلال دائرة كهربية يساوى الشغل المبذول فى نقل وحدة القطب المغناطيسى حول هذه الدائرة » .

وعلى هذا الأساس يمكن وضع معادلتين متناسقتين إحداهما تعبر عن الطبيعة المستمرة للمجالات الكهربية والمغناطيسية ، والأخرى توضح كيف أن التغيرات فى أحد المجالين تؤدى إلى تغيرات فى المجال الآخر .

كيف ، إذن ، يدخل مفهوم المجال فى هذه النظرية ؟ لقد تتبعنا ماكسويل عندما نزع عن أنموذجه الجسيمات والأسطوانات واختزله إلى وسط أثيرى . وهو الآن يكاد ينزع عن الوسط كل صفاته فيما عدا الشكل . إن جميع صفاته قد أصبحت هندسية بحتة . وما هذا إلا مثال كامل للتجريد الرياضى .

إن الأثير ما هو إلا شىء يرتجف إذا ما وخز ، ولكنه لا يأتى فعلا من ذاته . ويتكون المجال الكهربى المغناطيسى من نوعين من الطاقة هما : طاقة كهربية إستاتيكية أو كامنة ، وطاقة

كهربية ديناميكية أو طاقة حركة . ويمكن تصور الأثير ، باعتباره مكثفا كونيا ، على أنه يختزن الطاقة ، وفى هذه الحالة ، ولأنه مرن ، فإن شكله يتشوه . ولما كان الأثير يملأ الفضاء كله ، فإننا لا نجد فارقا سواء تناولنا تيارا حاثا أو تياراً إزاحيا ، فالأثير فى كلا الحالين يأخذ فى الحركة . وهذه الحركة تنتقل ميكانيكيا من أحد أجزاء الوسط إلى الجزء التالى له حيث ندركها نحن على هيئة حرارة أو ضوء أو قوة ميكانيكية (مثل التنافر بين الأسلاك) أو على هيئة أية ظاهرة مغناطيسية أو كهربية أخرى . إن القاعدة التى تحكم كل هذه الظواهر ، هى قاعدة الشغل الأقل . وهذا هو القانون الأكبر للطبيعة الشحيحة (أن كل شغل فى أى جسم إنما يبذل بأقل ما يمكن من الطاقة) وكان هم ماكسويل الأكبر أن تنطبق هذه القاعدة على الظواهر الكهربية وإلا استحال تفسيره الميكانيكى لهذه الظواهر .

* * *

فإذا أخذنا هذه النقاط فى اعتبارنا ، أمكننا أن ندرس مجموعة من معادلات ماكسويل التى تصف سلوك المجال الكهربى المغناطيسى فى الفضاء الخالى . وفى هذه الحالة لا توجد موصلات أو شحنات طليقة . وينشأ المجال من منطقة أخرى فى الفضاء .

والمعادلة الأولى هي :

انفراج ك = صفر

وتمثل ك قوة المجال الكهربي ، الذى يتغير بتغير الزمان والمكان . وهذه المعادلة تمثل عملية رياضية تعطى معدل التغير . وتعنى هذه المعادلة أن عدد خطوط القوة الكهربية (التى تمثل قوة المجال) التى تدخل أى حجم ضئيل فى الفضاء لابد وأن يساوى عدد خطوط القوى التى تغادر المكان . أى أن معدل التغير فى عدد خطوط القوى يساوى صفراً ، وأنها لا تخلق ولا تفنى .

والمعادلة الثانية هي :

انفراج م = صفر

حيث تمثل م المجال المغناطيسى ، وتعطى هذه المعادلة نفس المفهوم السابق ولكن عن المجال المغناطيسى .

والمعادلة الثالثة هي :

$$\text{دوران ك} = -\frac{1}{\text{س}} \times \frac{\text{ءم}}{\text{ءز}}$$

وهذه المعادلة التى وضعها ماكسويل تمثل قانون فاراداى عن الحث ، وهى تصف مايحدث فى مجال مغناطيسى متغير . أما $\frac{\text{ءم}}{\text{ءز}}$

فإنها تعبر عن معدل تغير المجال المغناطيسى . فالمجال المغناطيسى المتغير يولد مجالا كهربيا ، وهذه الحقيقة يعبر عنها الجزء الأيمن من المعادلة . والمعادلة ليست مجرد تحليل ؛ إنها تعطى صورة واقعية عما يحدث . فلنفترض وجود مجال مغناطيسى منتظم فى منطقة ما من الفضاء ، فإن حزمة من الخطوط المتوازية تمثل شدة المجال واتجاهه . فإذا تغير المجال (بالحركة أو بزيادة أو انخفاض قوته) ، فإنه يولد مجالا كهربيا يؤثر فى دائرة حول خطوط القوى المغناطيسية . والشغل المبذول فى تحريك وحدة الشحنة الكهربية حول الدائرة هو مايسمى القوة الدافعة الكهربية حول هذه الدائرة . فإذا كانت الدائرة عبارة عن سلك كهربى فإن الخطوط المغناطيسية المتغيرة تؤدى إلى مرور تيار ، ولكن حتى بدون وجود سلك فإنها تؤدى إلى وجود قوة . فإذا قسمنا هذه القوة على المساحة المحصورة بالدائرة فإن هذا يعطينا القوة الدافعة الكهربية (لوحدة المساحات) التى تدور حول الدائرة . فإذا تصورنا أن الدائرة أخذت تصغر رويداً رويداً إلى أن تنكمش فتصبح نقطة ا . بهذه الطريقة نحصل على القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربية لوحدة المساحات وهى : دوران لج عند ا . وبهذا تدلنا المعادلة على أن القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربية لوحدة المساحات تساوى معدل تغير م عند النقطة ا ، مضروبة فى الكسر الضئيل السالب $-\frac{1}{س}$. و س هنا

ترمز إلى نسبة وحدة الكهرباء الإستاتيكية إلى وحدة الكهرباء المغناطيسية ، إذ يلزم هنا أن نحول ك (وهى ظاهرة كهربية إستاتيكية) و م (وهى ظاهرة كهربية ديناميكية) إلى نفس النظام من الوحدات . وتبين المعادلة كيف استطاع ماكسويل أن يربط بين الظاهرتين الكهربية والمغناطيسية وبين سرعة الضوء ، وذلك لأن س ما هى فى الحقيقة إلا سرعة الضوء .

والمعادلة الأخيرة هى :

$$\text{دوران } م = \frac{1}{س} \times \frac{د ك}{د ز}$$

وهى تبين أنه فيما عدا التغير فى العلامة الجبرية (وهى تدل على اتجاه المجال) ، فإن دوران ك و م فى المعادلة السابقة يمكن عكسهما . فعند أية نقطة وفى أية لحظة تساوى القوة المغناطيسية لوحدة المساحات التى تولدت عن مجال كهربى متغير ، تساوى معدل تغير المجال الكهربى مع الزمن مضروباً فى كسر ضئيل موجب هو $\frac{1}{س}$. والآن فإن معدل التغير هذا ماهو إلا تيار الإزاحة لماكسويل . ولما كانت التغيرات تحدث فى الجسم العازل المعروف بالفضاء ، فإن التيارات الوحيدة التى يمكن أن تسرى إنما هى تيارات إزاحية . وكان يظن قبل ماكسويل أن المجال المغناطيسى يمكن أن يتولد فقط

بوساطة تيارات تسرى فى أسلاك . ولكن الفضل كان لاكتشاف ماكسويل العظيم ، الذى استنتجه ميكانيكيا من أنموذجه ، والذى عبر عنه رياضياً فى هذه المعادلة ، إذ مكننا من أن ندرك أن مجالا كهربيا متغيراً مع الزمن يولد قوة مغناطيسية حتى فى جسم عازل أو فى الفضاء .

وطبقا لنظرية ماكسويل ، فإن إدخال قوة كهربية متغيرة مع الزمن فى الجسم العازل تولد موجات إزاحية تتحرك بسرعة الضوء . وهذه الموجات الدورية من الكهرباء الإزاحية تصحبها قوة مغناطيسية دورية . وتتكون الموجة من ذبذبات كهربية عمودية على اتجاه الإزاحة الكهربية . ومجموع هذه الحركات هو ما يسمى الموجة الكهرومغناطيسية . وموجة الضوء (وهى موجة إزاحية) ، كما أوضح هنرى بوانكاريه فيما بعد ، إن هى إلا « سلسلة من التيارات المتغيرة ، تسرى فى الجسم العازل ، أو فى الهواء ، أو فى الفضاء بين الكواكب ، وتغير اتجاهها ١,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ مرة كل ثانية . ويتولد عن هذا العدد الهائل من التغيرات السريعة تيارات فى الأجزاء المجاورة من العازل ، وهكذا تنتقل موجات الضوء من مكان إلى مكان » .

وقد اختبرت نظرية الضوء الكهرومغناطيسية عمليا وصمدت

بجدارة أمام التجارب العملية . ولكن كانت هناك طرق أخرى لاختبار صحة نظرية ماكسويل . فإذا كان منطقه سليما فلا بد أن تولد المصادر الأخرى للاضطراب موجات كهربية أخرى ذات ذبذبات تختلف عن ذبذبة الضوء . وهذه الموجات تكون غير مرئية ، إلا أنه لا بد من تمييزها بوساطة أجهزة خاصة . ولم يعش ماكسويل حتى يرى اكتشاف هذه الموجات ، ولكن هنريش هيرتز استطاع ، بعد وفاة ماكسويل بعشرة أعوام ، كسب السبق وإثبات وجود هذه الموجات . لقد استطاع عن طريق سلسلة من التجارب الرائعة ، توليد موجات الراديو الكهربية . وخلص من ذلك إلى ثبوت الرابطة « بين الضوء والكهرباء . . التى كثرت حولها الهمسات والشكوك والتنبؤات . . . ولم يعد أفق علم البصريات مقصوراً على موجات أثيرية دقيقة يبلغ طولها مجرد كسر صغير من المليمتر ، لقد اتسع أفقها ليشمل موجات تقاس بالسنتيمترات والأمتار والكيلومترات . وبالرغم من هذا الاتساع فإنه يبدو مجرد جزء صغير من أفق الكهرباء الواسع . وهكذا نرى أن الكهرباء قد أصبحت مملكة جبارة » .

وكان ماكسويل قد أتم بحثه العظيم عن النظرية الكهرومغناطيسية بينما كان « على المعاش » فى جلينلير . ولم تستنفذ إلا جزءاً صغيراً من طاقته ، فقد كان يقوم بجوار هذا العمل،

وفى نفس الوقت ، بكتابة كتاب فى الحرارة وعدة بحوث أخرى فى الرياضة ، ورؤية الألوان ، وغيرها من الموضوعات الفيزيائية . وظل فى مراسلات كثيرة علمية واجتماعية ، ووسع منزله ، ودرس اللاهوت ، وألف موشحات من شعر سيء ، وكان يركب الخيل ، ويخرج للسير مسافات طويلة مع كلابه ، ويزور جيرانه ويلاعب أولادهم ، كما كان يقوم بزيارات كثيرة لكامبريدج للاشتراك فى وضع امتحاناتها ومسابقاتها الرياضية والحكم فيها .

وفى عام ١٨٧١ أسس كرسى الطبيعة التجريبية فى كامبريدج . ومن الصعب علينا أن نتصور أنه لم تكن تدرس فى ذلك الوقت مقررات فى الحرارة والكهرباء والمغناطيسية فى تلك الجامعة ، كما لم يكن بها معمل معد لمتابعة هذه العلوم وإجراء التجارب فيها . وكانت الجامعة ، كما كتب أحد المثقفين المعاصرين ، « قد فقدت صلتها بالحركات العلمية العظيمة التى تجرى خارج أسوارها » . ولذلك فقد تكونت لجنة من الأساتذة لدراسة هذا الموضوع ، وأعدت تقريراً ، أوضحت فيه هذه الحقائق المذهلة ، وقدمته إلى دوق ديڤونشاير ، مدير الجامعة . فوافق على منح المبالغ اللازمة لبناء وتأثيث معمل كاڤنديش الشهير . ومع أن ماكسويل لم يكن يرغب فى ترك جلينلير ، إلا أنه تحت ضغط أصدقائه تقدم لهذا المنصب الذى قبل فيه فوراً .

وتفرغ ماكسويل وخصص وقته لتصميم المعمل والإشراف على بنائه . وكان هدفه أن يصبح أحسن معهد من نوعه ، يحوى أحدث الأجهزة ويستخدم أحسن الأساليب وأسلمها لإجراء البحوث . وقدم لهذا المعمل كل أجهزته الخاصة وأكمل هبة الدوق بمبالغ أخرى سخية من عنده . وكان على ماكسويل أن يهتم بالكثير من التفاصيل ، ولذلك فإن عملية البناء والتأثيث لم تتم إلا فى عام ١٨٧٤ . ومع أن هذا التأخير لم يكن منه بد ، إلا أنه أوجد بعض المتاعب ، فقد كتب ماكسويل يقول « إننى لا أجد مكانا أضع فيه الكرسى الذى أجلس عليه ولذلك فإننى أنتقل من مكان إلى آخر مثل العصفور ، حيث ألقى « آرائى » فى الفترة الأولى فى مدرج الكيمياء ، وفى قسم النبات فى الفترة الثانية ، وفى قسم التشريح فى الفترة الثالثة » . ولم تكن « آراؤه » هذه سوى مقرراته التى كان يلقيها فى الحرارة والكهرباء والكهرومغناطيسية .

فى عام ١٨٧٦ نشر كتاب ماكسويل عن « المادة والحركة » ، وهو « كتاب صغير فى موضوع عظيم » . وحوالى ذلك الوقت ، كتب مقالات عدة فى موضوعات مختلفة — مثل «الذرة» و «الأثير» و « التجاذب » و « فاراداى » وغيرها — للطبعة التاسعة من الموسوعة البريطانية . وكانت محاضراته العامة تتناول مجموعة لطيفة من

الموضوعات مثل «حول التليفون» . ولما كان قد ألقى هذه المحاضرة وهو مريض جـــداً ، فإنها لم تـكن واضحة مثل أحسن إنتاجه ، وكانت كذلك مليئة بالجوانب المرحة المسلية . فعندما تحدث عن « اختراع الأستاذ بل » علق على التناسق العجيب التام بين جميع أجزاء الجهاز — فالسلك فى الوسط ، والتليفونان فى نهايتى السلك ، والثرثاران فى طرفى التليفونين » . وقد أمضى ماكسويل خمسة أعوام فى تحرير ونشر ٢٠ مجموعة من بحوث هنرى كافنديش التى لم تـكن قد نشرت . وكان المجلدان الرائعان اللذان نشرا عام ١٨٧٩ سبباً فى تأكيد شهرة وعظمة كافنديش باحث القرن الثامن عشر الموهوب ، الذى لم تـكن بحوثه فى الـكهرباء معروفة لمعاصريه ، وذلك لأن نتائج بحوثه لم تخرج عن حيز مذكراته . ولقد أعاد ماكسويل إجراء تجارب كافنديش وبين أنه قد توصل إلى كشوف هامة فى الـكهرباء من بينها قانون أوم .

ولما تقدمت بماكسويل السن أخذ أصدقاؤه يلاحظون تزايد روحه الاجتماعية . لقد استمر يرى أصدقاءه الـكثيرين وينظم أشعارا خفيفة ويتنزه مع كلبه توبى ، ويأتى ببعض المداعبات اللطيفة . إلا أنه أصبح كتوما وصار يخفى مشاعره وإحساساته خلف ستار من السخريات وكانت طبيعته الأسكتلندية الجافة التعقلية تختلط دائماً بخيوط رفيعة من الغموض . كان يؤمن بالعلم ،

إلا أنه كان فى أعماقه متشككا فى قدرة العلم على إيضاح أسرار الطبيعة ومعانيها . وقد وصفه معاصروه بأنه كان متواضعاً كما كان لاذعا فى نقده العلمى ، وكان تجريبياً فى آرائه العلمية بقدر ما كان جامداً عندما يبدو الآخرون واثقين من أنفسهم .

ولعل أحسن ميزات ماكسويل كانت ظرفه ولطفه وحنانه . وكانت علاقته بالمقربين منه تقوم على تفانيه وإخلاصه وإنكاره لذاته بشكل منقطع النظير . فعندما جاء نسيبه إلى لندن لإجراء عملية جراحية ، ترك ماكسويل الطابق الأول من منزله له ولممرضته وسكن هو فى حجرة كانت من الصغر بحيث كان يتناول إفطاره وهو راكع لأن الحجرة لم تكن تتسع لكرسى بجوار المائدة . وفى السنوات الأخيرة من حياة ماكسويل أصيبت زوجته بمرض خطير امتد مدة طويلة . وأصر هو على تمريضها . ويقال إنه فى فترة ما لم ينم فى سرير مدة ثلاثة أسابيع . ومع ذلك فقد استمر فى عمله كالمعتاد وكان مرحا كما لو كان يستعذب الشدة . ومن يدرى فلعله كان فعلا يستعذب المحنة . ولم يظهر أبدا ما يدل على مرضه الخطير .

وفى ربيع عام ١٨٧٧ بدأ يحس آلاما خانقة عند البلع . ولأسباب خافية لم يستشر أحداً فى هذه الأعراض مدة عامين ،

مع أن حالته كانت تسوء بالتدريج . وقد لاحظ أصدقاؤه فى كامبريدج أن صحته فى تدهور وعندما عاد إلى جلينلير فى صيف عام ١٨٧٩ ، كان ضعفه قد بدا واضحا فاضطر لاستدعاء الطبيب . كان فى حالة من الألم الفظيع « كان يصعب عليه أن يظل راقداً ساكناً لمدة دقيقة واحدة ، ولم يكن ينام وينعس ، وفقد شهيته للأكل مع أنه كان فى شديد الحاجة للغذاء » . وكان قد أدرك تماماً أن حالته ميئوس منها ، ومع ذلك فقد ظلت صحة زوجته هى شغله الشاغل . ومات فى ٥ من نوفمبر . وكتب طبيبه ، دكتور باجيت « لم أشاهد رجلا قابل الموت بمثل هذا الهدوء والوعى » . وعندما دفن ماكسويل فى حوش كنيسة بارثون فى جلينلير ، لم يكن العالم قد أدرك بعد كنه آرائه وأفكاره . وما زالت مملكته التى خلقها تفكيره المبدع تنتظر من يكشف عن بعض كوامنها .



القسم الخامس

دراسة الحياة

١ ــ ويليام هارفى

بقلم فردريك ج . كيلجور

ولد فردريك ج . كيلجور بمدينة سبرنجفيلد بولاية ماساشوت فى عام ١٩١٤ . وبمجرد حصوله على شهادته فى كلية هارڤارد عام ١٩٣٥ ، انضم إلى موظفى المكتبة بالكلية ، وظل يعمل هناك حتى عام ١٩٤٢ عندما جند فى الحرب واحتل وظيفة ضابط مخابرات فى مكتب الخدمات الإستراتيجية . وأعفى من الخدمة العسكرية عام ١٩٤٥ بعد أن حصل على وسام التقدير ، ثم احتل مركز نائب مدير مكتب جمع الأخبار ونشرها . وفى عام ١٩٤٨ عاد إلى حياته الأكاديمية بجامعة ييل حيث احتل وظيفته فى المكتبة الطبية ، وحيث يلقى محاضرات فى تاريخ العلم ويشرف على تحرير مجلة ييل الخاصة بالبيولوجيا والطب .

٢ ـ تشارلز داروِن

بقلم لورين ك . أيزلى

يعمل لورين ك . أيزلى رئيسا لقسم الأنثروبولوجيا (علم الإنسان) بجامعة بنسلڤانيا ، ومشرفا على القسم الخاص بالإنسان القديم بمتحف الجامعة . ولد أيزلى عام ١٩٠٧ بمدينة لنكولن بنبراسكا . وأمضى دراسته الجامعية فى جامعة نبراسكا ، ثم حصل على درجة الدكتوراه فى جامعة بنسلڤانيا . وكان تخصصه فى ميدان علم الإنسان هو الدراسات الحفرية للإنسان فى العالم الجديد . وقام ببحوث واسعة على الطبيعة فى الجزء الغربى من الولايات المتحدة وفى المكسيك . ويعتبر أيزلى من الكتاب الذين يتسمون بالعمق ، سواء فى فرع تخصصه أو خارج ذلك الفرع . كان أحد محررى مجلة « علم الإنسان اليوم » . وظهرت له قصص قصيرة وقصائد فى مجلات شعبية . واليوم يقوم أيزلى ، بناءً على تكليف من الجمعية الفلسفية الأمريكية ، بكتابة تاريخ حياة داروِن ، وذلك لكى ينشر بمناسبة الاحتفال بمرور مائة عام على إصدار كتاب « أصل الأنواع » فى عام ١٩٥٩ . ويهدف هذا المشروع إلى تجميع المعلومات المتعلقة بنظرية التطور والتى تلقى الضوء على المراسلات التى تمت بين داروِن والسير تشارلز ليل ، تلك المراسلات التى تتبعتها الجمعية الفلسفية . ويقوم أيزلى ، إلى جانب ذلك ، بكتابة كتاب عن تاريخ الفكر التطورى لينشر فى إحدى المجموعات العلمية .

٣ - پافلوف

بقلم جيرزى كونورسكى

فى عام ١٩٢٧ نشر پاڤلوف كتابه العظيم عن الانعكاسات الشرطية ، وفى نفس هذا العام كان چيرزى كونورسكى طالبا فى جامعة وارسو . وقرأ كونورسكى الكتاب وتأثر به لدرجة أنه قرر أن يكرس مواهبه للعمل فى هذا الميدان الجديد الذى فتحه پاڤلوف . وسرعان ما أدرك أن پاڤلوف لم يأخذ فى اعتباره ما يسمى بالحركات الإرادية ، وأن هذه الحركات لا يمكن تفسيرها على أساس الانعكاس الشرطى الكلاسيكى . ووضع كونورسكى ، مع زميله س . ميلر ، برنامجا للبحث أدى بهما إلى فكرة «النوع الثانى» من الشرطية أو الشرطية «الآلية» . ولفت نشاطهما أنظار پاڤلوف فأمضيا عدة سنين يعملان معه فى معمله بلنينجراد . وعندما عاد كونورسكى إلى وارسو عام ١٩٣٣ أشرف على تنظيم معهد نينكى للبيولوچيا التجريبية ، وظل يقوم ببحوثه فى ذلك المعهد حتى دمرت المدينة عند هجوم الألمان عام ١٩٣٩ . وعندما تقهقر الألمان قام كونورسكى

وزملاؤه ببعث الحياة فى معهدهم فى مدينة لودز أولا
تم فى مدينة وارسو . وعندما نشر كونورسكى كتابه
« الانعكاسات الشرطية والتنظيم العصبى » عام ١٩٤٨ تعرض
لهجوم عنيف من جانب الپاڤلوڤيين المتعصبين . ويعرض
هذا الكتاب أسلوب كونورسكى لتحديد المدلول الوظيفى
للأجزاء المختلفة من القشرة المخية عن طريق استخدام
الأفعال المنعكسة الشرطية . وما زال كونورسكى يواصل
بحوثه فى نفس الطريق حتى اليوم .



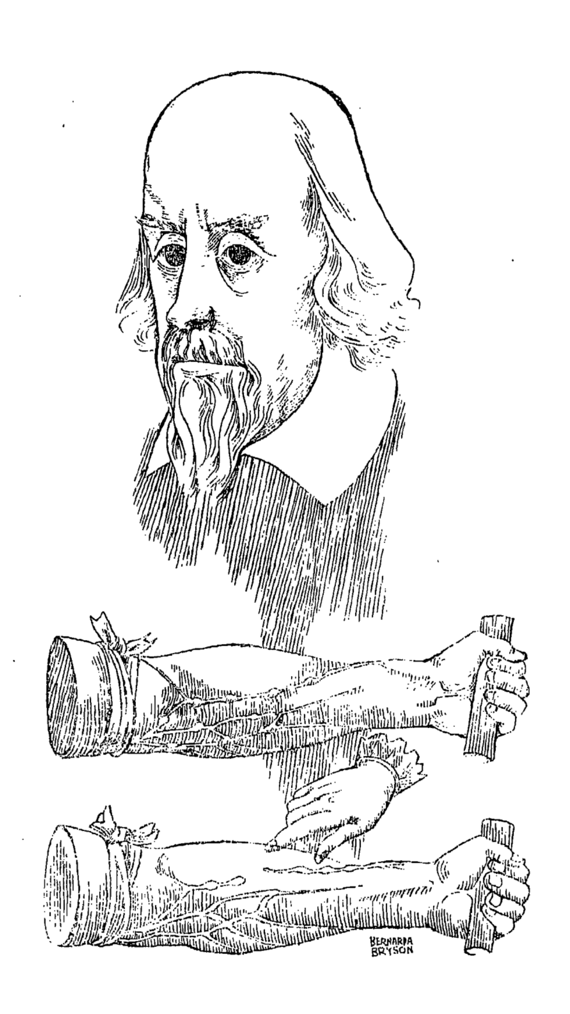
وليام هارفى

بقلم : فردريك م . كيلجور

« تعود بى الذاكرة إلى المقابلة الوحيدة التى تمت بينى وبين هارفى الشهير (قبل أن يموت بفترة قصيرة) ، عندما سألته عما جعله يفكر فى وجود دورة دموية فى جسم الإنسان . وأجابنى قائلا إن ملاحظته وجود الصمامات فى الأوردة التى تشق طريقها فى أجزاء كثيرة من جسم الإنسان ، وأن هذه الصمامات موضوعة بطريقة تسمح بمرور الدم إلى القلب ولكنها تعوق مرور الدم الوريدى فى الاتجاه الآخر . إن هذه الملاحظة جعلته يتصور أن الطبيعة لم تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف ، وأن الهدف المرجح هو أن تقوم هذه الصمامات بمنع الدم من الوصول إلى الأطراف عن طريق الأوردة ، إنما يجب أن يصل إلى هناك عن طريق الشرايين ثم يعود إلى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة التى لن تعوق سيره فى ذلك الطريق » .

هذه هى كلمات عالم الكيمياء الأيرلندى روبرت بويل التى يصف فيها مقابلته مع وليام هارفى ، وردت فى كتابه « بحث فى العلل النهائية للأمور الطبيعية » الذى نشر بعد وفاة هارفى بواحد وثلاثين عاما . والواقع أن هذه هى العبارات الوحيدة التى ذكرها هارفى لتفسير وصوله إلى كشفه العظيم الذى يعتبر قمة فى تاريخ علم الحياة . والواقع أن هذا الرجل الذى وضع الأسس التى قام عليها علم الطب الحديث مجرد اسم عند أغلب الناس ، فكتابه الكلاسيكى الذى كتب باللاتينية «دراسات تشريحية عن حركة القلب والدم فى الحيوانات » أصاب شهرة كبيرة ولكنه لم يقرأ إلا لماما . وحقيقة الأمر أن الرجل والكتاب أكثر أهمية مما يبدو للكثيرين نتيجة ظلال النسيان التى تخيم على كل منهما .

ولد « هارفى الشهير » فى مدينة فولكستون عام ١٥٧٨ ، وصار أبوه بعد ذلك عمدة للمدينة . وكان عمره عشر سنوات عندما قام الأسبان بهجومهم على إنجلترا . وبدأ تدريبه كطبيب فى لندن فى العام الأخير من حكم إليزابث . وأعطى أول محاضرة له فى الدورة الدموية عام ١٦١٦ ، فى نفس العام الذى مات فيه شكسبير . ومثل شكسبير ، لم يترك لنا هارفى ، إلى جانب كتاباته ، سوى القليل عن أخبار حياته . وأغلب معلوماتنا المتعلقة بشخصه مستمدة


BERNARDA
BRYSON

من مؤرخ حياته چون أوبرى الذى كتب ، ملخصا لحياة هارڤى » .
ويصف أوبرى ذلك العالم الكبير فيقول إنه كان رجلا قصيرا جدا ، وعيناه صغيرتان مستديرتان ممعنتان فى السواد يطل منهما بريق الحيوية » . وكان عصبى المزاج وتصرفاته لا تخلو من بعض الغرابة. وكان فى شبابه يحمل فى وسطه خنجرا ، كعادة ذلك العصر ، ولم يكن يتورع عن شهره لأقل استفزار . تزوج فى السادسة والعشرين من عمره ، ولكننا لا نعرف شيئا عن زوجته أو عن حياة أسرته ، اللهم سوى أنه لم ينجب أطفالا . وكان هارڤى يفضل أن يمكث فى الظلام حتى يستطيع أن يفكر بشكل أفضل ، وبنى فى منزله كهوفا للتأمل والتفكير .

والمعروف عن هارڤى أنه كان ردىء الخط يكتب بسرعة ، لكن بشكل مقروء، وكانت كتاباته مزيجا من اللاتينية والإنجليزية ، وكثيرا ما كان يخطىء فى الهجاء إلى درجة تلفت النظر . ولم يصلنا ، إلى جانب كتابه السالف الذكر ، سوى القليل من كتاباته . ولعل أحد الأسباب التى أدت إلى ذلك أنه فقد كثيرا من أوراقه خلال الحرب الأهلية التى استعرت عام ١٦٤٢ عندما هاجم المتظاهرون منزله فى لندن وأتلفوا مخطوطاته ، وكان هو فى ذلك الوقت مع تشارلز الأول كطبيبه المعالج . وقال هارڤى بعد ذلك إن هذه الخسارة كانت أفدح كارثة لحقت به .

كرس هارفى حياته ، المليئة بالنشاط والحيوية ، فى البحث عن المعرفة ، وكتب اثنى عشر كتابا على الأقل فى مختلف الموضوعات غير أنها لم تر النور ، مثل مخطوطاته التى أتلفها المتظاهرون . ولعل أهم كتاب من كتبه التى نشرت ، بعد كتاب « حركة القلب » ، هو « عن التكاثر » الذى أسهم بدور كبير فى علم الأجنة .

* * *

ومهما يكن من أمر ، فإن أعمال هارفى المتعلقة بالدورة الدموية هى التى صنعت له تمثالا من النبوغ ، ولا تقتصر أهمية هذه الأعمال على كونها كشفا تاريخيا فى علم الحياة ، ولكنها تفوق ذلك من حيث كونها تعبيرا لاستخدام الأسلوب العلمى فى الدراسات المتعلقة بالحياة . كان هارفى معاصرا لغاليليو وكپلر وباكون وديكارت ، ووجدت فيه الثورة العلمية التى قامت فى عصر النهضة والتى قضت على نظام الفلسفة الكلاسيكية وأقامت بدلا منه الأساليب التى يعتمد عليها العلم الحديث ، وجدت فيه واحدا من دعاتها . والواقع أن هارفى كان أول عالم من علماء الحياة يستخدم الأساليب الكمية لتوضيح كشف هام . كان يلجأ إلى الوزن والقياس والعد حتى يصل إلى الحقيقة . وكان هذا أمرا جديدا تماما بالنسبة للقرن السابع عشر لدرجة أن عمل هارفى، مع عبقريته الفذة، لم يخل من بعض الأخطاء .

وبالرغم من كل شىء ، فإن استخدام هارفى لذلك الأسلوب الكمى فى الدراسة كان بمثابة فتح عهد جديد فى علم الحياة .

تخرج هارفى فى جامعة كامبريدج عام ١٥٩٧ ثم ذهب إلى دراسة الطب فى جامعة پادوا ، أكبر مدرسة علمية فى ذلك العصر . وكانت علوم التشريح وفسيولوچيا القلب والشرايين والأوردة والدم تدرس بنفس النظام الذى وضعه الطبيب الإغريقى جالينوس منذ أربعة عشر قرنا . كان جالينوس يقول إن « الكيل » (وهى نوع من المادة اللمفاوية) تنتقل من الأمعاء إلى الكبد الذى يحولها إلى دم وريدى ويضيف إليها فى نفس الوقت « روحا طبيعية ». ويقوم الكبد بعد ذلك بتوزيع هذا الدم عن طريق الجهاز الوريدى بما فيه البطين الأيمن للقلب . وكان جالينوس يعرف ، عن طريق التجربة ، أنه عندما يقطع وريدا أو شريانا كبيرا فى الحيوان فإن الدم يتدفق من الوريد أو من الشريان ، وأدرك أنه لابد من وجود علاقة ما بين الأوردة والشرايين ، واعتقد أنه عثر على هذه العلاقة عندما خيل إليه أنه عثر على ثقوب صغيرة فى الجدار الذى يفصل بين الجزء الأيسر من القلب وجزئه الأيمن وقال ، بناء على ذلك ، إن الدم الوريدى ينتقل خلال هذه الثقوب إلى الجزء الأيسر من القلب حيث يحصل على « الروح الحيوية » الواردة من الرئتين ، ويكتسب بذلك اللون القرمزى البراق الذى يميز الدم الشريانى .

وكان جالينوس يرى أن الدم يتدفق إلى مختلف أجزاء الجسم خلال الأوردة والشرايين ليمد أطراف الجسم بما تحتاج إليه من غذاء وروح . لم يكن يرى وجود قوة دافعة أو دورة حقيقية ، وإنما كان يعتقد أن الدم الموجود فى الأوعية يرتد ببساطة بين فترة وأخرى إلى القلب والرئتين للتخلص من الأوشاب التى علقت به .

وما إن حل عصر هارفى حتى كانت تعاليم جالينوس قد عانت تعديلين هامين . أما التعديل الأول فصاحبه أندرياس ڤيساليياس مؤسس علم التشريح الحديث ، وهو من مواطنى پادوا . أعلن عام ١٥٥٥ أنه لا وجود « لثقوب » جالينوس ، وتمكن خلف فيساليياس ، وهو ريالدو كولومبو ، من كشف نظام انتقال الدم من الجانب الأيمن للقلب خلال الشرايين الرئوية إلى الرئتين ، ثم عودته إلى الجانب الأيسر للقلب عن طريق الأوردة الرئوية ، كما أوضح ،عن طريق التجارب التى أجراها على الحيوانات ، أن الأوردة الرئوية تحتوى على دم شريانى لا على «روح حيوية » .وأما الكشف المهم الثانى فقد حققه فابريكياس أب أكوابندانت فى پادوا ، وهو وجود صمامات ، أو « أبواب صغيرة » كما أطلق عليها ، فى الأوردة . ولم يدرك فابريكياس وظيفة هذه الصمامات وسار فى أثر آراء جالينوس إذ قال إن وظيفتها أن تبطىء سريان الدم إلى الأطراف .

* * *

وعاد هارفى إلى إنجلترا عام ١٦٠٢ وهو يتأبط درجة الدكتوراه التى حصل عليها من پادوا . ونحن لا نعرف هل بدأ فى تكوين فكرته عن الدورة الدموية عندما غادر پادوا . وعلى أية حال فقد مارس الطب فى لندن وتسلق سريعا درجات الشهرة . وفى عام ٦١٥ كرمته كلية الأطباء الملكية ، التى كان عضوا فيها ، بأن منحته حق إلقاء محاضرات لوملى خلال حياته . وفى محاضراته الأولى التى ألقاها عام ١٦١٦ بدأ وصف الدورة الدموية . ولقد وصلت إلينا مذكراته التى تحوى هذه المحاضرات ، وتقع فى ٩٨ صفحة ، وفيها يصف بعض تجاربه ، ومن ضمنها تلك التجارب التى أقنعته بأن « الطبيعة لم تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف » ، والتى أثارت فى ذهنه فكرة الدورة الدموية كما ذكر روبرت بويل فيما بعد .

وتوضح هذه المذكرات أن هارفى كان قد اقتنع فعلا أن هناك دورة دموية تحدث خلال جسم الإنسان وأن القلب هو الذى يقوم بدور المضخة. وفى عام ١٦١٦ اختتم سلسلة محاضراته بالعبارة التالية .

« إن تركيب القلب يثبت أن الدم ينتقل باستمرار خلال الرئتين إلى الأورطة كما يفعل المنفاخ المائى وهو يرفع المياه . ولقد ثبت كذلك أن الدم ينتقل من الشرايين إلى الأوردة . ويتضح من ذلك أن خفقان القلب هو الذى يؤدى إلى الحركة المستمرة لدورة الدم .

هل الهدف من ذلك هو تغذية الجسم أم حفظ الدم والأطراف بشكل أفضل عن طريق نقل الدم للحرارة التى يكتسبها من القلب ويفقدها عندما ينقلها إلى الأطراف ليعود فيكتسبها مرة أخرى من القلب » .

وبعد اثنى عشر عاما أجرى فيها هارفى مزيدا من التجارب المتعلقة بنظريته عن الدورة الدموية ، نشر كتابه «عن حركة القلب» فى ٧٢ صفحة فقط . ويحوى الكتاب إهداءين (أحدهما للملك تشارلز والثانى للدكتور أرچنت رئيس الكلية الملكية) ومقدمة وسبعة عشر فصلا قصيرا عرض فيها الحجج التى تدعم نظريته .

عرض فى الفصل الأول الأسباب التى دعته إلى كتابة هذا الكتاب (ومن ضمنها رغبته فى تجنيب نفسه السخرية) ، ثم عرض فى الفصول الأربعة التالية تحليلا رائعاً لحركات القلب والشرايين والأذينين ، وتحليلا لا يقل عنه روعة عن وظيفة القلب . وذكر أنه كاد ييأس أول الأمر من فهم حركة القلب فى الحيوانات ذات الدم الحار لأن النبض فيها سريع جداً . ولكنه وجد أن فى ميسوره أن يحلل حركات القلب فى الحيوانات ذات الدم البارد وكذلك فى الحيوانات ذات الدم الحار وهى تعانى سكرات الموت .

وما زالت هذه هى المصادر الأساسية لمعارفنا المتعلقة بحركة القلب ، وذلك فى مجال الفحص المباشر .

وكان هارفى أول من قدم فكرة واضحة عن نبضة القمة وعن الصفة العضلية للقلب ، وكيف أن نبضة القلب تبدأ فى الأذين الأيمن ثم تنتقل إلى الأذين الأيسر والبطينين . وأوضح كذلك أن النبض فى الشرايين يرجع إلى تدفق الدم فيها وهو مندفع من القلب ، كما يحدث عندما « ينفخ المرء فى قفاز » ، وهو تشبيه استخدمه هارفى لأول مرة فى محاضراته عام ١٦١٦ . وتوصل إلى استنتاج سليم هو أن « الوظيفة الأساسية للقلب هى أنه يضخ الدم وينقله خلال الأوردة إلى أطراف الجسم » .

وانتقل هارفى بعد ذلك إلى عرض حركة الدم من الجانب الأيمن للقلب إلى جانبه الأيسر خلال الرئتين ، كما جاء فى وصف كولومبو ، ثم أوضح كيف ينتقل الدم من القلب الأيسر خلال الشرايين إلى الأطراف ثم يعود مرة أخرى إلى القلب الأيمن عن طريق الأوردة . ويحتوى هذا القسم من الكتاب على جوهر الكشف العظيم الذى وصل إليه هارفى . إنه استخدم ثلاث نظريات لإثبات ضرورة حدوث الدورة الدموية فى جسم الإنسان : (١) إن كمية الدم التى تنتقل من الأوردة إلى الشرايين كبيرة لدرجة

توجب أن يمر كل الدم الموجود فى الجسم خلال القلب فى فترة وجيزة ، وأن هذه الكمية لا يمكن أن تنتج من الغذاء المستهلك كما يقول جالينوس . (٢) إن كمية الدم التى تذهب إلى الأطراف أكبر كثيراً مما يلزم لتغذية الجسم ؛ (٣) إن الدم يعود باستمرار إلى القلب من الأطراف عن طريق الأوردة .

* * *

ولقد قام هارفى ببحوثه الكمية الشهيرة لتحديد حجم الدم الذى يضخه القلب لكى تثبت « النظرية الأولى » . وكان عليه ، حتى يقوم بحساباته ، أن يقيس كمية الدم المندفعة من القلب فى كل نبضة ، كما كان عليه أن يحدد معدل النبض . والواقع أن هذه العملية فى غاية الصعوبة ، وما زالت هناك حتى اليوم خلافات فى تحديد هذه الكمية عندما تستخدم الوسائل المختلفة . ولقد حصل هارفى على رقم لا يتعدى جزءا من ثمانية عشر جزءا من التقدير المعترف به اليوم . كيف توصل هارفى إلى هذا الرقم الخاطئ جداً واستطاع فى نفس الوقت أن يصل إلى كشفه العظيم ؟

وحقيقة الأمر أن هارفى اعتمد فى تدليله على نتيجة فحصه لإحدى الجثث ، إذ وجد أن البطين الأيسر فى القلب يحوى أكثر من أوقيتين من الدم . (ولا شك أن هذا القلب الذى فحصه كان

منتفخاً . وبناءً على ذلك افترض أن البطين يحتفظ ، فى الفترة بين انقباضاته بكمية من الدم تبلغ حوالى أوقية ونصف أوقية . وعندما افترض كذلك أن كمية الدم التى تندفع من البطين عند كل انقباضة تبلغ « ربع أو خمس أو سدس أو حتى ثمن » ما يحتويه ، وصل إلى نتيجة نهائية هى أن الدم المندفع من القلب فى كل نبضة لا يقل عن ٣,٩ جراما . هذا بينما نحن نعتقد اليوم أن كل الدم تقريباً الموجود فى القلب يندفع منه عند كل انقباضة ، وتدل التقديرات الحديثة أن حوالى ٨٩ جراما من الدم تندفع فى كل انقباضة .

ولعلنا نلتمس العذر لهارفى إذا لم يتوصل إلى التقدير السليم فى حالة الإنسان ، ولكننا نجد أنه وصل إلى ذات النتائج الخاطئة عندما حاول قياس كمية الدم المندفعة من قلب الشاة فى كل نبضة . ولو أنه قطع الأورطة فى الشاة ووزن كمية الدم المندفعة فى بحر دقيقة كاملة ، وعد فى نفس الوقت عدد النبضات فى الدقيقة ، لأمكنه أن يصل إلى رقم معقول ، ولكنه لم يقم بهذه التجربة البسيطة .

ولقد أخطأ هارفى كذلك عند قياس معدل النبض . كان الرقم الذى استخدمه عادة هو ٣٣ نبضة فى الدقيقة ، وهو حوالى نصف المعدل الحقيقى فى المتوسط . ونحن لا نستطيع أن نفسر ذلك الخطأ على أساس صعوبة القياس ، وسنظل نجهل لماذا أخطأ هارفى إلى هذا الحد . وعندما استخدم هارفى الرقمين اللذين وصل إليهما — ٣,٩ جرام

من الدم تندفع من القلب عند كل نبضة ، وثلاثا وثلاثين نبضة فى الدقيقة — حصل على رقم يدل على معدل سريان الدم يعتبر جزءا من ستة وثلاثين جزءا من أقل قيمة يمكن قبولها اليوم .
وفيما يلى كلماته التى خطها وهو يقوم بحساباته فى مرة من المرات :
« ينبض القلب ألف نبضة كل نصف ساعة ، وقد يصل العدد فى بعض الأحيان إلى ألفين أو ثلاثة آلاف أو أربعة . فإذا ضربنا عدد الدراهم المندفعة من القلب فى كل نبضة فى عدد النبضات ، استنتجنا أنه فى خلال نصف ساعة تندفع من القلب ٣٠٠٠ درهم أو ٢٠٠٠ درهم أو ٥٠٠ أوقية منطلقة إلى الشرايين ، وهى كمية أكبر من كمية الدم الموجودة فى كل الجسم » . إن أقل تقدير من تقديراته وهو ٢٠٠٠ درهم أو ١٧,١ رطلا يفوق فعلا كمية الدم الموجودة فى الشخص المتوسط الذى يزن ١٥٠ رطلا ، فهذه الكمية هى ١٥ رطلا .

لقد أثبت هارفى فكرته الأساسية بالرغم من حساباته الخاطئة . إن القلب يضخ فى نصف ساعة كمية من الدم تفوق كثيرا كمية الدم الموجودة فعلا فى الجسم . وكانت هذه ضربة قوية لأفكار جالينوس ، إذ من الواضح أن غذاء الإنسان لا يمكن أن يؤدى إلى إنتاج الدم بشكل مستمر وبهذه الكميات .

وكان عرض هارفى لنظريته الثانية التى تقول إن كمية الدم التى تذهب إلى الأطراف أكبر كثيرا مما يلزم لتغذية الجسم ، كان عرضه أقل روعة وأثرا ، فهو لم يستخدم هنا وسائل قياس محددة ولكنه لجأ إلى الاستنتاج لدرجة كبيرة . غير أنه أشار فى مناقشته إلى نقطة مهمة هى أن الدم لابد أن ينتقل من الشرايين إلى الأوردة فى أطراف الجسم ، ووصف التجربة التى جعلته يقترح فكرة الدورة الدموية . لقد أوضح أنه إذا استخدم المرء رباطا يمنع مرور الدم فى الأوردة ولكنه لا يعوق طريقه فى الشرايين ، فإن الأوردة لا الشرايين هى التى ستنتفخ . فإذا زاد المرء من ضغط الرباط بحيث يمنع مرور الدم فى الشرايين ذاتها ، فإن الأوردة لن تنتفخ فى هذه الحالة . ومن هذه الملاحظات استنتج هارفى استنتاجا سليما هو أن الدم يدخل الأطراف عن طريق الشرايين ثم ينتقل بطريقة ما إلى الأوردة ، وإن فشل فى العثور على تلك الطريقة .

وقام هارفى بتجربة رائعة لكى يثبت نظريته الثالثة وهى النظرية القائلة بأن الدم يسرى فى الأوردة نحو القلب لا بعيدا عن القلب ، كما تنادى تعاليم جالينوس. لقد بين هارفى أنه إذا ضغط المرء بأصبعه فوق وريد من الأوردة ، ثم حرك أصبعه ، وهو ضاغط على الوريد من صمام إلى الصمام الذى يعلوه ، فإن الدم الذى طرد من هذا الجزء من الوريد لن يعود ثانية لأن الصمامات لا تسمح بمرور الدم

إلا فى اتجاه واحد . إن الجهاز الوريدى لا يسمح بمرور الدم . فى كل من الاتجاهين ، ولكن فى اتجاه واحد ، نحو القلب .

* * *

ما هى الخصائص الأساسية فى كشف هارفى ؟ إن العوامل الرئيسية التى تؤدى إلى حدوث الدورة الدموية هى القلب الذى يقوم بدور المضخة وانتقال الدم من أحد جوانب القلب إلى الجانب الآخر عن طريق الرئتين ، ثم مروره بعد ذلك خلال الشرايين لكل أجزاء الجسم ، وعودته إلى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة . وكان هارفى على علم بمرور الدم فى الرئتين عندما بدأ بحوثه . وكانت إضافته العظيمة هو أنه أوضح دورة الدم خلال الشرايين والأوردة وربط بين ذلك وبين مرور الدم فى الرئتين ، فوضع بذلك نظاما متكاملا لحركة الدم خلال الجسم . غير أنه كانت هناك قطعا حلقة مفقودة : كيف ينتقل الدم من الشرايين إلى الأوردة فى الأطراف لكى يعود إلى القلب ؟ وبعد مرور ثلاثة وثلاثين عاما على ظهور كتاب « حركة القلب » عثر عالم التشريح الإيطالى مارشيللو مالبيجى على هذه الحلقة المفقودة عندما كشف وجود الشعيرات الدموية ، وهكذا استكملت الصورة التى وضعها هارفى .

ومن الواضح أن القيمة المباشرة لكشف هارفى بالنسبة للطب

والجراحة تفوق كل تقدير ، فهذا الكشف هو أساس كل الجهود التي تبذل لإصلاح الأوعية الدموية المريضة أو التي أصابها التلف ، وأساس العمليات الجراحية في حالة ارتفاع ضغط الدم وأمراض القلب، وعملية « الطفل الأزرق[1] » الشهيرة، وغيرها. غير أن الدين أفدح بالنسبة لعلم الفسيولوچيا ، ذلك أن فكرة الدورة الدموية هي أساس فهمنا الحالي للطريقة التي يضمن بها الجسم تثبيت بيئته الداخلية . إن الدور الأساسي في الحركة الداخلية لجسم الإنسان يلعبه ذلك السائل الذي كشف هارفي دورته بفضل بصيرته النفاذة العظيمة .



(١) Blue baby operation.

تشارلز دارون

بقلم: لورين ك . إيزلى

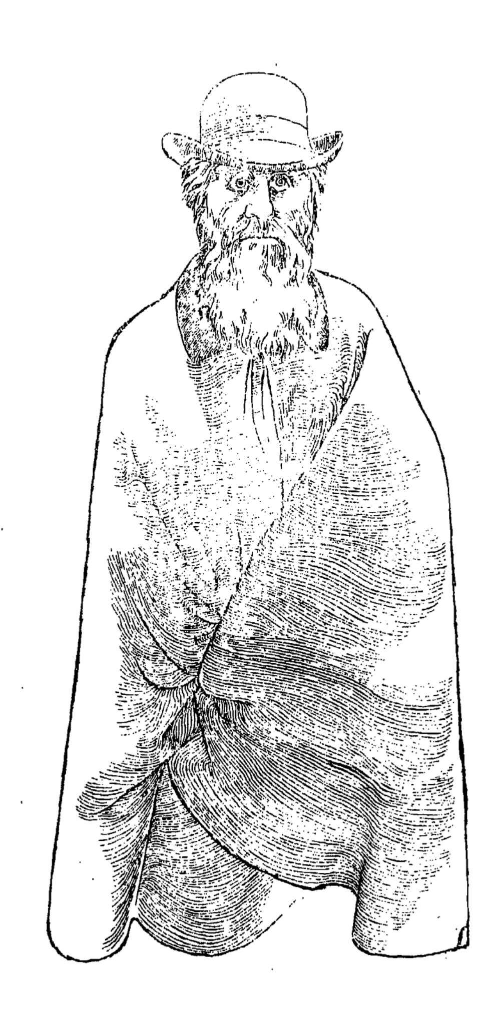
في خريف عام ١٨٣١ تقابل الماضى والمستقبل على مائدة الغذاء فى شخص شابين لم يدركا ما تخبئه لهما الأيام القادمة .

أما أحدهما فهو روبرت فيتزروى ، قبطان بحرى فى السادسة والعشرين من عمره سبق له أن جاب البحار ورسم الخرائط لشواطئها ، وينوى الإقلاع فى رحلة جديدة طويلة . وكان القبطان فيتزروى رجلا متدينا يعتمل فى صدره كره شديد لعلم الجيولوجيا الجديد ، ورأى أن يصطحب معه عالما من علماء الحياة يشاركه خبرته فى البرارى ويقف إلى جواره فى وجه هؤلاء الذين يستخدمون الصخور لنشر . هرطقاتهم وأما الشاب الآخر الذى كان يجلس فى مواجهة القبطان فقد غلب عليه التردد . كان تشارلز دارون يصغر فيتزروى بأربع سنوات ، وكان سيداً يشغل نفسه بالصيد بعد أن فشل فى دراسة الطب ، غير أن أسرته ظلت تأمل أن يصبح تشارلز قسيساً فى إحدى القرى . وتضاربت

الأفكار فى ذهن الشاب . هل يدع صيد الثعالب فى شروپشاير ويذهب لصيد اللاما فى أمريكا الجنوبية ؟ هل يريد حقاً أن يذهب ؟ وبينما الشاب فى تردده ، وبينما المستقبل ينتظر القرار إذا بالكابتن فيتزروى يحسم الأمر .

وهذا ما كتبه دارون إلى أخته سوزان بعد ذلك : « إن فيتزروى يؤكد أن الحديث عن البحر الصاخب مبالغ فيه ، ولو أننى اخترت أن أذهب معهم فنى وسعى أن أعود إلى إنجلترا بمجرد أن أرغب فى ذلك . كما أنه فى ميسورى أن أتركهم فى أى بلد جميل آمن حيث سأجد المعونة دائماً ، وسأجد لدى كافة المعدات والبنادق . . . . إن الأمور تسير سيرا حسناً ، فإلى اللقاء يا عزيزتى سوزان » .

وفى السابع والعشرين من ديسمبر عام ١٨٣١ أقلعت السفينة « بيجل » ذات العشرة مدافع وعلى ظهرها تشارلز دارون وصحبه . كانت خطتهم أن يمسحوا شواطىء أمريكا الجنوبية وأن يقوموا بقياساتهم الزمنية حول العالم . وكادت الرحلة تنتهى قبل أن تبدأ إذ قابلتهم فى مبدأ الرحلة عاصفة قاسية . كتب دارون فى مذكراته اليومية : « صار البحر عالياً كالجبل وطفقت الأمواج تتقاذف السفينة بشكل مرعب . وكانت ليلة ليلاء لم أصادف مثلها من قبل


BERNARDA
BRYSON

والتعاسة تحيط بنا من كل جانب . الرياح تصفر والبحر يزمجر وصرخات الضباط والبحارة تتعالى ، وتتكون من تلك الأصوات جميعها أنشودة لا يمكن أن ينساها المرء سريعا » . وحنت إرادة الله على القطبان فيتزروى وضباطه فلم يفلت منهم الزمام . وقرر داروين بعناد غريب أنه كان على حق عندما قبل العرض الذى قدمه فيتزروى . وعندما عادت البيجل إلى ميناء بليموث لم يستقل داروين ، فقد حزم أمره وقرر « ألا يدع هذه الفرصة الفريدة لرؤية العالم . وإنها لفرصة طيبة تعوضنى عما فاتنى فى كامبريدج » .

وبدأت الرحلة التى فتحت الطريق أمام عقل كبير لم تفسده التعاليم الكلاسيكية القديمة لكى يشبع نهمه بقطع من الصخر وأجزاء من العظام تقبع على الجانب الآخر من العالم ، وأتاحت لهذا العقل أن يصيغ من مناقير الطيور وأجنحة الجعارين نظرية جديدة قدر لها أن تهز دعائم الفكر العلمى فى جميع بلدان العالم .

* * *

وعندما بدأ داروين رحلته التاريخية خلف وراءه فى إنجلترا عالماً تغلب عليه النعرة المحافظة ، ذلك أن إنجلترا كانت ترتعد من فعال الثورة الفرنسية كما كان يغلب عليها الحذر بالنسبة للأفكار الجديدة البازغة التى كانت ترجعها « للملحدين الفرنسيين » . وكان

الجمود الديني يسيطر لحد كبير على العلوم الطبيعية . حقاً إن الفكرة التي سادت خلال القرن السابع عشر ، والتي تقول بأن العالم خلق عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد ، لم تصمد أمام دراسات الطبيعيين للصخور وتتابع أنواع الحياة فيها ، ولكن الرأي الذي ينادي بأن كوكبنا قديم وأنه يعاني التطور بشكل مستمر لم تكن قد تكونت بعد . لم يكن هناك من يتخيل أن عمر الأرض كبير إلى الحد الذي نعرفه اليوم . وكانت فكرة تتابع الأحداث وتحول الحيوان خطوة فخطوة إلى حيوان آخر تبدو مناقضة للمعتقدات الدينية بل مناقضة للشيء المعقول . وكان الكثيرون من علماء الحياة في ذلك الوقت — من أمثال لويس أجاسيز وريتشارد أوون — يميلون إلى الاعتقاد بأن أشكال الحياة المتتابعة في السجل الجيولوجي إن هي في الواقع إلا أشكال خلقت بشكل منفصل وأن بعضها تلاشى خلال الأحداث التاريخية .

غير أن دارون لم يشيد نظرية التطور من الهواء ، والواقع أن هذه النظرية ، شأنها في ذلك شأن كثير من التعميمات العلمية العظيمة . كانت قد وضعت لها بعض الأسس قبل أن تحمل اسم دارون . وكانت كل عناصر هذه النظرية تعتمل في أذهان الكثيرين ، بل كانت موضع جدل واسع خلال السنين التي قضاها دارون في الكلية . وكان جده إرازماس دارون ، الذي مات قبل

أن يولد داروں بسبع سنوات ، قد اقترح نظرية جريئة عن « تحول » الكائنات الحية . كما لمعت فى ذهن جين باتبست لامارك ومضة رائعة عن التطور المتصل . وكذلك فتح سير تشالز ليل ، الذى كان أصدق صديق لداروں طوال حياته ، الطريق أمام الفكرة التطورية بإيضاحه أن الأرض ولابد أن تكون قديمة جداً بحيث تسمح بحدوث تغيرات عضوية غاية ماتكون فى البطء . ورفض ليل الفكرة القائلة باندثار أشكال من الحيوانات نتيجة كوارث على نطاق العالم بأسره وأوضح أن قوى الطبيعة — أثر الرياح والصقيع والمياه — تكفى لتفسير أغلب الظواهر الموجودة فى الصخور ، هذا إذا عملت هذه القوى لفترات طويلة جداً . وما كان داروں يستطيع أن يضع نظرية الانتقاء الطبيعى دون استخدام تقديرات ليل عن الأزمنة الضخمة .

وإذا كانت جميع العناصر الرئيسية للرأى الداروني عن الطبيعة كانت معروفة قبل داروں فلماذا يحتل ذلك المركز المهم فى تاريخ علم الحياة ؟ والجواب سهل ميسور وهو أن كل التعميمات العلمية العظيمة إنما هى فى الواقع عملية تركيب خلاقة . فى وقت ما تتراكم الكشوف والملاحظات الصغيرة ويصبح من الممكن تجميعها فى رأى شامل عظيم متعلق بالطبيعة . عندئذ لا تحتاج الإنسانية إلى مزيد من الحقائق بقدر ما تحتاج إلى عقل كبير نافذ يستطيع أن يضفى على

المعلومات المتجمعة معانى ذكية . مثل هذا التركيب يمثل العقل العامى ، وهو يحقق أرقى الانتصارات . ولا تقل قيمة المكتشف لأنه لم يضع سوى القطعة الأخيرة فى حل اللغز الذى اشترك فيه كثيرون غيره ، فإن نجاحه فى القيام بهذه المهمة إنما يعنى قدرته على الإلمام بمدى شاسع من الحقائق المتباينة .

وعلينا أن ندرك أن داروين جاء فى وقت مناسب . والواقع أن النظرية التى أطلق عليها اسم الانتقاء الطبيعى كانت تحوم فى الجو وتطلب من يخرجها إلى الحياة ، ولا أدل على ذلك من أن رجلا آخر اسمه ألفريد راسل والاس توصل إلى النظرية الداروينية قبل أن ينشرها داروين ودون وجود ثمة علاقة بينهما . ولقد أشار داروين ذاته فى حديثه عن تاريخ حياته إلى أن « عدداً لا يحصى من الحقائق المشاهدة كان مختزناً فى أذهان علماء الحياة وعلى استعداد لأن يحتل مكانه الحق بمجرد ظهور نظرية تستطيع أن تفسر كافة هذه الحقائق » .

ومن ثم فإن داروين بدأ رحلته وذهنه متفتح لرؤية ما يلقاه وكله فضول وإدراك ، متأهب لرؤية التفاصيل مهما كانت صغيرة . وبينما هو يبحر إلى الجنوب متتبعاً شواطىء أمريكا الجنوبية إذا هو يلاحظ الأخطبوط وهو يغير لونه فى المياه ، ثم إذا هو يلاحظ

عظاما ضخمة فى السهول الجافة ويفكر جاهداً فى إيجاد علاقة بين هذه العظام والحيوانات التى تحيا فى الوقت الحاضر . أما مواطنو هذه البقاع فيؤكدون أن هذه العظام الحفرية كبرت بعد موت الكائنات ، وأن بعض الأنهار لديها المقدرة على « تحويل العظام الصغيرة إلى عظام ضخمة ». والناس يعجبون فى كل مكان ولكنهم ينخدعون نتيجة رغبتهم فى العثور على تفسير ميسور ، أما دارون فكان يعمل وفى ذهنه أحلام وأحلام . إنه يقضى الأيام تلو الأيام راكباً أو صاعداً أو مخترقاً السهول التى تعج بالهنود معرضاً حياته للخطر فى كل لحظة . وهو يسأل المواطنين هل ازداد عدد اللصوص فيتلقى الإجابة الرمزية : « إن العوسج لم يكبر بعد ». ذلك أن العوسج عندما ينمو يصل إلى ارتفاع الحصان ويمكن أن يحتمى فيه اللصوص . ويدون دارون هذه الحقيقة ، ثم ينطلق . إن العوسج يغطى السهول ، وتتغير طبيعة النباتات النامية تحت تأثير تدخل الإنسان . والكلاب تنبح فى الأجمات ، والقط البرى صار أكبر حجماً وأكثر توحشا . فى كل مكان يبدو الصراع والتغير والطفرات . ويحملق دارون فى وجه أفعى مجلجلة ويلاحظ « شيئا غريبا ذا مدلول هام . يبدو لى أن كل خاصة من الخصائص ، حتى ولو كانت مستقلة عن تركيب الكائن لحد ما . . . تميل إلى أن تعانى تغيرات بطيئة » .

وهو يهتم كثيراً بالحيوانات الغريبة التى تعيش تحت ظل ظروف قاسية . وهو يرى ضفدعة صغيرة ذات بطن قرمزى ، ويسميها الضفدعة « الشيطانية » لأنه يتصور أن هذه الضفدعة ، التى تحيا فوق الكثيبات الرملية تحت الشمس الحارقة ، ولا تستطيع السباحة مثل مثيلاتها ، « هى التى همست فى أذن حواء لتخرج آدم من الجنة » . من الضفادع إلى الجنادب ، ومن الحصى إلى الجبال . . لم تكن عيناه تتركان شيئا . وكان ينظر إلى تفتت الصخور وهبوط الصخور والجلاميد من عل والشقوق والنتوءات فى جبال الإنديز والزلازل ويوقن أن الأرض تعتمل فيها عوامل الحركة والتغير .

ولم يلبث القبطان فيتزروى أن عاد إلى السفر ناشراً قلاعه ، قاصداً جزر الجالاپاجوس التى تقع على خط الاستواء وعلى مسيرة ستمائة ميل من الشاطىء الغربى لأمريكا الجنوبية . وكانت هذه الجزر فى وقت ما موئلا للقراصنة ، وهى مليئة بالبراكين التى خمدت نيرانها . وينظر دارون إلى هذه البراكين فيتذكر مصاهر الحديد الهائلة التى تحيط بها أكوام من العوادم . « إنها عالم صغير قائم بذاته به كائنات لا توجد فى مكان آخر » . فهناك السحالف المدرعة الماردة التى تحيا على الصبار . والطيور فى هذه الجنة الصغيرة لا تخاف الإنسان : « فى يوم من الأيام هبط طائر على حافة آنية أمسكها فى يدى وبدأ يشرب بكل هدوء ، وظل قابعا فى

مكانه وأنا أرفع الآنية إلى أعلى » . وهناك عظايا بحرية كبيرة يصل طول الواحدة منها إلى ثلاث أقدام ، تستلقى على الشاطىء وتأكل الأعشاب البحرية . وتزحف « شياطين الظلام » هذه أمام عينى دارون ، بلونها الأسود فوق الصخور » ، فيعلق قائلا : « ليس ثمة مكان آخر فى العالم تحيا فيه هذه الثدييات العشبية بهذه الطريقة الغريبة »

وبالتدريج ، أدرك دارون أن الصدفة أوجدته فى أجمل معمل من معامل التطور فوق سطح الأرض . كانت جزر الجالاپاجوس غنية بالتغيرات ، فكل جزيرة تختلف عن الجزيرة الأخرى ، فى العظايا الكبيرة وفى النباتات وخاصة فى الطيور ذات المناقير المتباينة . ولقد لفت سكان هذه الجزر — وخاصة لوسون نائب المحافظ — نظر دارون إلى هذه التغيرات الغريبة . ولكن دارون ، كما قال فيما بعد بتواضع داروني تام : « لم أهتم اهتماما كافياً بهذه العبارات فى ذلك الوقت » . هل كانت زيارة دارون لجزر الجالاپاجوس هى الحدث الوحيد الذى أدى به إلى وضع مفهومه الأساسى عن ميكانيكية التطور ، والتغيرات الوراثية فى الكائن التى ترتبط بعوامل الانتقاء الخارجية والتى قد تؤدى إلى تباين الحيوانات والنباتات التى تفصل بينها بضعة أميال وتحيا تحت ظل نفس الظروف من الطقس؟ الواقع أن دارون ذاته لم يوضح هذه النقطة

بشكل كاف . ولعل دارون ، شأنه شأن كثير من العظماء ، لم يعد يتذكر بالتفصيل متى تفجر كشفه العظيم ، ومتى بدأ رحلته الذهنية التى تضاهى رحلته فى البحار السبعة . ولعله لم تكن هناك بداية محددة لهذا الكشف العظيم ، وإنما كان هناك إدراك ينمو بالتدريج ويتسع على مر الأيام مع انحسار الضباب وتكسر الستر ووضوح الرؤية .

إن الطرق إلى العظمة مليئة بالمفارقات والتباين . قد تكون الفضائل سبيلا لها ، وقد تكون نقط الضعف كذلك . والواقع أن دارون وصل إلى مكانته العظيمة عن طريق الجمع بين الاثنين ، إذ جمع المواد والحقائق وهو يجرى خلف المعرفة وكله شجاعة وعزم ، بل إن الأمر استدعى أن يقوم برحلة طويلة حول العالم ؛ ولكنه كتب عمله العظيم والمرض والوحدة يخيمان عليه . عندما عاد دارون إلى إنجلترا بعد رحته على ظهر « البيجل » ، كان رجلا مريضاً ، وظل كذلك حتى نهاية حياته . ونحن نعلم اليوم أن مرضه كان نفسياً لحد ما وأن التوتر العصبى هو الذى كان يؤدى به إلى الصداع والأرق . وبعد رجوعه من رحلته بوقت قصير تزوج دارون من ابنة عمه إما ودجوود حفيدة مؤسس صناعة الخزف الضخمة ، ولم يلبث أن انعزل مع أسرته فى قرية صغيرة فى كنت . وكان يتجنب الأسفار كما يتجنب المرء الطاعون ، اللهم إلا رحلات

قصيرة يقصد بها الاستشفاء حيث توجد المياه الطبيعية . وكانت هذه العزلة مصدر قوته وحمايته . وكانت مخاوفه وشكوكه هى التى دفعت به إلى تنظيم هذا العدد الضخم من الحقائق التى عثر عليها وإلى تدعيم نظريته عن التطور بأسانيد لم تقدم من قبل بمثل هذه الوفرة والقوة .

ولنفحص الآن كيف تمكن دارون من وضع نظريته العظيمة . أما طبيعة ملاحظاته فهى ، كما ذكرنا ، مناقير الطيور وإدراك التغيرات التى تعانيها الكائنات ، وما إلى ذلك . غير أن إدراك حدوث التطور أسهل بكثير من وضع ميكانيكية لكيفية حدوث ذلك التطور . ولقد ظل دارون لفترة طويلة ، عاجزاً أمام هذه المشكلة ، فهو لم يكتف بمجرد الإشارة العابرة إلى أثر البيئة أو إلى توارث الصفات المكتسبة . وأخيراً ، استنتج أنه مادامت التغيرات فى صفات الكائن توجد بين أفراد النوع الواحد ، فلا بد أن تكون عملية الانتقاء لبعض هؤلاء الأفراد مع اندثار البعض الآخر ، هى المفتاح الرئيسى للتغيرات العضوية .

ولقد راودته هذه الفكرة عندما فكر فى أهمية انتقاء السلالات بهدف تحسين النباتات والحيوانات المستأنسة . ولكنه كان يتساءل عن تلك القوة الانتقائية التى تعمل فى الطبيعة البرية .

وفى عام ١٨٣٨ قرأ دارون بالصدفة كوماس مالتس ولمع حل المشكلة فى ذهنه . كان مالتس قد قام بدراسة عام ١٧٩٨ خلص منها إلى أن تعداد السكان يتزايد بسرعة أكبر من تزايد الغذاء ، الأمر الذى يؤدى إلى حدوث صراع من أجل البقاء .

طبق دارون هذه القاعدة فى عالم الحياة العضوية بشكل عام ، وقال إن الصراع من أجل البقاء ، تحت ظل البيئة المتغيرة ، هو الذى يؤدى إلى ظهور التغيرات فى تركيب الكائنات . وبعبارة أخرى ، تعانى الكائنات الحية تغيرات صدفية ، ويعمل الصراع من أجل الحياة دوره فى حفظ التغيرات المفيدة وتأكيدها عن طريق الوراثة . أما الأفراد الضعفاء غير المتلائمين فيقضى عليهم ، وأما الأفراد الذين يتمتعون بصفات وراثية طيبة ، « فينتقون » لينحدر منهم الجيل التالى . ولما كانت الحياة لم تتوقف عن التغير ، وكذلك الطقس أو الجيولوجيا ، فإن التطور عملية دائمة الحدوث . ليس ثمة حيوان أو عضو فى حالة توازن تام مع البيئة المحيطة به .

هذه هى الفكرة الرئيسية فى الدارونية فى كلمة مختصرة . إن الحقائق التى كانت معروفة قبل دارون مثل التغير ، ووراثة التغيرات التى تطرأ على الكائن ، وانتقاء النباتات والحيوانات

المستأنسة للحصول على سلالات جديدة ، والصراع من أجل الحياة ... كل هذه الحقائق التى كانت متناثرة تجمعت فجأة واحتلت كل منها مكانها فى إطار الداروينية .

وبينما كان داروين يطور نظريته ويرتب الحقائق التى توصل إليها ، آثر أن يحتفظ بسر كشفه العظيم بين جوانحه وعاش فى عزلة تامة . لقد ظل ٢٢ عاما بعد رجوعه من رحلته على ظهر « البيجل » يعمل دون أن ينشر كلمة واحدة ، اللهم إلا يوميات رحلته (التى صار عنوانها فيما بعد « رحلة عالم حياة حول العالم ») وبعض الرسومات الفنية لما شاهده .

غير أنه يجب علينا ألا نخطىء فهم عزلة داروين ومرضه ، فقد كان دمث الخلق ومحبا للناس ، وبالرغم من أن الزيارات كانت تؤدى إلى ازدياد حالته سوءا ، إلا أنه مع ذلك لم يكن يعزف عنها ، كما هو منتظر فى مثل هذه الحالة ، وإن كانت تكلفه ليالى طويلة لا يطرق النوم فيها جفنيه . وكان ذهنه المتوثب يعمل طوال هذه الليالى بدرجة كبيرة من التركيز العميق . وكثيرا ما كان يسير وحيدا فى الليل البهيم ، ويظل هائماً يفكر حتى يقابل الثعالب فى الفجر وهى تجرى إلى مخابئها .

وفى يوم من الأيام سأل أحد الزوار البستانى الذى يعمل

فى حديقة داروين عن صحة سيده ، فأجاب الرجل : « ياالتعاسته ، إنه يقف محملقا فى زهرة صفراء دقائق متتابعة . ولعل صحته تتحسن لو أنه وجد شيئا أفضل يقوم به » . والواقع أن طبيعة عمل داروين كانت تثير العجب فيمن حوله من الناس . كان حقا يقف فترة طويلة يحملق فى هذا الشيء أو ذاك كما قال البستانى . إنه برع فى ذلك النوع من السحر . وعندما كان يزور جزيرة وايت طفق يراقب بذور العوسج وهى تتهادى مع الرياح ثم خرج بنظرياته عن انتشار النباتات . وكثيرا ما كان يقوم بأنواع من النشاط لابد أن زوجته الطيبة جاهدت من أجل إخفائها عن الجيران . فى يوم من الأيام أرسل له أحد أصدقائه نصف أوقية من براز الجراد فى أفريقيا ، وكان فرح داروين عظيما عندما تمكن من الحصول على سبعة نباتات من هذه العينة . وعندما تحدث داروين مع ليل بخصوص هذه التجربة قال له : « ليس ثمة مجال للخطأ ، فقد استخرجت البذور من وسط كرات البراز وشرحتها » . وإن داروين لم يكن يجد حرجا فى البحث عن بذور النباتات فى الجهاز الهضمى للجراد النطاط ، أو فى أى مكان أسوأ من ذلك ، لكى يفهم طريقه انتقال البذور من مكان إلى آخر . ويتحدث ابنه الكبير عن تجارب أبيه فى لهجة طريفة فيقول : « أعتقد أنه كان يرى فى كل بذرة شيطانا صغيرا يحاول أن يضلله بأن يقفز من هنا إلى هناك مختفيا

فى هذه الكومة أو تلك . الشىء الذى جعل ذلك العمل أشبه ما يكون بلعبة مثيرة » .

أما الهدف من وراء هذه اللعبة فكان داروين يحتفظ به لنفسه منتظرا يوما بعد يوم حتى يصل إليه . كان يجمع أكواما من الحقائق ويحلم بأنه سيقدم نظريته المتكاملة عن التطور فى سفر ضخم ، ضخم لدرجة استحالة قراءته بعد تمام طبعه . وفى نفس الوقت كتب روبرت تشامبرز ، أحد باعة الكتب ورجال الصحافة ، كتب ونشر طبعة معدلة من نظرية لامارك عن التطور تحت عنوان « آثار عن التاريخ الطبيعى للخلق » . وبالرغم من أن الكتاب كان يعكس طابع الهواية إلى حد ما ، وإن النقاد سارعوا إلى الهجوم عليه بشكل عنيف ، ومن بينهم توماس هكسلى ، وصادف انتشارا كبيرا بين القراء ، وصدرت له طبعات مختلفة فى إنجلترا وأمريكا ، الأمر الذى أثبت أن الرأى العام مهتم « بنظرية التقدم » كما كانت نظرية التطور تسمى آنذاك ، أكثر مما تصور نقاد داروين .

وظل داروين طوال هذه الفترة صامتاً صمت القبور . وقدم مؤرخوه كثيرا من التفسيرات لذلك الصمت . قال البعض إنه كان مشغولا بتجميع حقائقه ، وقال البعض الآخر إنه لم يرغب فى مضايقة فيتزردى ؛ أو أن الهجوم على كتاب «الآثار» قد أفزعه .

أو أنه رأى من الأحكم ألا يكتب فى مثل هذا الموضوع الشائك إلا بعد أن ينتشر صيته كعالم من الصف الأول . ولعل السبب الأساسى كان يكمن فى شخصيته ، إذ كان بطبعه أميل إلى تجنب العاصفة التى لابد وأن تهب بمجرد نشر آرائه . كان يطيب له أن يؤجل ذلك الحدث وأن يجتر آراءه مع بعض رفقائه المختارين من أمثال ليل وعالم النبات العظيم چوزيف هوكر .

كانت أسرة دارون ميسورة الحال منذ حياة جده إرازماس ، وكان تشارلز فى وضع يسمح له بتكريس كل جهوده فى البحث ولم يكن فى حاجة إلى العجلة فى نشر نتائج بحوثه .

وفى ربيع عام ١٨٥٦ حذره ليل من هذا التباطؤ وقال له : « من الأفضل أن تنشر ما وصلت إليه ، وإلا سبقك إليه غيرك » . ووعده دارون بأن يسرع فى النشر ، غير أنه تباطأ مرة أخرى . ونحن نعلم أنه طلب من زوجته أن تتولى نشر بحوثه فى حالة وفاته ، وكأنه لم يكن يستطيع أن يتحمل الشهرة فى أثناء حياته ، سواء كانت شهرة طيبة أو سيئة . وعلى أية حال فقد ظل دارون يؤجل ويؤجل نشر آرائه ، ولعل هذا التأجيل كان سيستمر حتى نهاية حياته لولا أن تحقق تحذير ليل فجأة فحطم الحلم الجميل .

كان هناك عالم طبيعى شاب أقل شهرة من دارون يقوم برحلة

فى أندونيسيا يجمع فيها ما يصادفه من أشكال الحياة ، ومكنته بصيرته النفاذة من أن يصل إلى ذلك السر العظيم الذى احتضنه دارون خلال تلك الفترة الطويلة .. ذلك هو ألفريد راسل والاس .
وضع والاس الحقيقة إلى جوار الحقيقة ، وتوصل إلى مفهوم واضح عن كيفية حدوث التطور . وأبى القدر الساخر إلا أن يختار والاس دارون بالذات ليبعث إليه ، فى يونيو من عام ١٨٥٨ ، ما كتبه عن نظرية التطور لكى ينقده ، وكأنه أحس أن دارون أقدر من يستطيع القيام بهذه المهمة .

وفوجىء العالم الكبير مفاجأة ضخمة . إن هذه الجهود التى كان يفرغ لها أقدس مكان من قلبه ، وذلك العلم الذى كرس له أكثر من عشرين عاما ، كل ذلك لم يعد سرا من أسراره . إن هناك طارقا جديدا يريد أن يحتل مكان الصدارة قبله . ووجد دارون نفسه فى موقف حرج ، وكانت فكرته الأولى ، النابعة من خلقه القويم أن ينسحب تماما من الميدان ويترك المجد كله لوالاس . وأصر على قوله « إننى أفضل أن أحرق كتابى بأكمله ، ولا أن يفكر إنسان أننى قد تصرفت تصرفا خسيسا » . ومن حسن الحظ أن دارون لجأ إلى صديقيه ليل وهوكر لاستشارتهما قبل أن يقدم على تنفيذ رأيه . وكان العالمان على دراية بجهود دارون خلال السنين الطويلة الماضية ، وأقنعاه بأن يقدم ملخصا لآرائه ، مع رسالة

والاس ، إلى جمعية لينياس . وهكذا أعلنت نظرية كل من الرجلين داروين ووالاس فى وقت واحد .

* * *

وعندما اجتمعت الجمعية لم يدر كثير من الجدل حول الرسالتين ، وإن سرت موجة هادئة من التحمس . وبالرغم من الألم الذى اعتصر قلب داروين نتيجة لوفاة ابنه تشارلز ، واصل جهوده لتفسير آرائه بشكل أعمق فى كتاب متكامل . ومن الطريف أن داروين أعطى لهذا الكتاب عنواناً هو « ملخص لبحث عن أصل الأنواع » مصراً على أنه مجرد مقدمة لكتاب أكبر كثيراً . كانت أكوام الحقائق التى عثر عليها تعتمل فى ذهنه ، وكان الحماس لكل هذه الحقائق يملؤه ويفيض عليه ، وآثر ألا يضع كل آماله فى هذا الكتاب الذى أسرع بكتابته ، وكان يشير دائماً إلى الكتاب « الحقيقى » الذى سيوضح كل ما نقصه الوضوح .

والواقع أن مخاوف داروين كانت مجرد أوهام ، فما إن صدر كتاب « أصل الأنواع » (وهو العنوان الذى اختاره الناشر الذكى) ، فى نهاية عام ١٨٥٩ ، حتى نفدت الطبعة الأولى فى يوم واحد . إن هذا الكتاب الذى قدمه داروين على استحياء سرعان ما اعترف به كأحد الأعمال العظيمة التى أنتجتها البشرية . ولم يمض

وقت طويل حتى تنهد دارون بسعادة وبدأ ينسى ذلك السفر الضخم المثالى الذى كان يتصور وجوب كتابته لإقناع الرأى العام بآرائه. والواقع أن الرأى العام ، بل والعلماء ، وجدوا أن كتاب « أصل الأنواع » على قدر كبير من الدسامة . وهكذا لم يكن هناك ثمة داع لكتابة ذلك السفر الذى يعلو على كل الأسفار . وفى نهاية الأمر اتفق العلماء فى العالم مع رأى هكسلى الذى قال بمجرد قراءته لكتاب دارون : « كم نحن أغبياء لأننا لم نفكر فى ذلك من قبل ! » . وهذا ما يحدث كثيرا فى العلم . . يأتى العالم الخلاق فيجمع حقائق ليست جديدة فى فكرة خلاقة جديدة ، وتبدو أمام الناس أضواء جديدة تنير لهم العالم فتتغير نظرتهم إليه .

ولم يحدث من قبل أن صادف مفهوم فلسفى عظيم ذلك الطالع الحسن الذى صادفته الداروينية ، ذلك أنه بالرغم من أن الناس اعتادوا إبراز الزوبعة التى ثارت بين رجال الدين ورجال العلم بمجرد صدور الكتاب — تلك الزوبعة التى يوجزونها فى ذلك الجدل الذى دار فى أكسفورد بين القس ويلبرفورس وتوماس هكسلى — نقول إنه بالرغم من ذلك كان الواقع أن الداروينية وجدت قبولا حسنا لدى العلماء وأغلب الرأى العام . كان الطريق ممهدا نتيجة جهود ليل المتواصلة وشعبية كتاب تشامبرز « الآثار » . وزيادة على ذلك فإن دارون كسب إلى جانبه هوكر العظيم وهكسلى

وهما أكبر مجادلين علميين . أما ليل ، وهو أكثر حذرا ، فقد عاون فى نشر آراء دارون ولم يهاجمه على الإطلاق . وكذلك وقفت آسا جراى ، وهى عالمة أمريكية بارزة فى علم النبات ، إلى جوار دارون تدافع عنه . ومن الجميل أن نذكر أن والاس ، بقلبه الكبير ، هو الذى عبر عن نظرية دارون بالدارونية وقال إن الدور الذى لعبه فى صياغة هذه النظرية لا يتعدى « أسبوعا واحدا من عشرين عاما » .

وقفت هذه المجموعة القوية تدافع عن دارون أمام الرأى العام بينما ظل هو بعيدا عن المعركة . ومن ضيعته المنعزلة كان يجيب على الخطابات وكان يستمع إلى تلك الزوبعة التى تبدو فى الأفق . وبالرغم من أنه كان يقدر بعمق جهود صحبه فى الدفاع عنه ، إلا أنه أسر يوما إلى هوكر أنه « يعجب كيف يستطيع المرء أن يجادل هكذا أمام الرأى العام كما لو كان خطيبا . وكتب إليه أحد علماء النبات المشهورين ، هيويت واتسون ، بعد فترة وجيزة من ظهور كتاب « أصل الأنواع » ، رسالة جاء فيها : « لا شك أن فكرتك الرئيسية سيعترف بها كحقيقة من الحقائق العلمية . إن فكرة « الانتقاء الطبيعى » تتميز بكل ما تتميز به الحقائق الطبيعية العظيمة ، فهى توضح ما كان غامضاً ، وتبسط ما كان معقدا وتضيف الشىء الكثير إلى معلوماتنا السابقة . إنك أعظم ثائر فى التاريخ الطبيعى

خلال هذا العصر ، إن لم يكن خلال كل العصور » .

وكأنما كانت كلمات واتسون إلهاما عميقاً ، فنحن نقبلها اليوم كما هى دون أى تغيير . وما إن انقضت سنين عشر منذ نشر « أصل الأنواع » حتى ذاعت شهرة دارون فى جميع بلدان العالم ، وصارت نظرية التطور بمثابة النجم الهادى لكافة الدراسات فى علم الحياة .

ونحن إذا أردنا أن نلخص ما حققه كتاب دارون فإننا نقول إنه أثبت حقيقة التغير التطورى بشكل لا يحتمل الجدل ، هذا إلى جانب أنه أوضح أن قاعدة الانتقاء الطبيعى يمكن تطبيقها على نطاق واسع إن لم يكن على نطاق عام . إن فكرة الانتقاء الطبيعى قضت على البلبلة التى زحفت إلى علم الحياة نتيجة دخول فكرة الخلق المستقل للأنواع . إن الشاب الذى لاحظ باهتمام عام ١٨٣٢ « أن هناك ثلاثة أنواع من الطيور تستخدم أجنحتها فيما هو أكثر من الطيران ؛ فالبطة تستخدم أجنحتها كمجدافين ، والبطريق يستخدمهما كزعانف والنعامة تستخدمهما كشراع ؛ إن هذا الشاب قد عثر على الإجابة السليمة للمشكلة فى عبارة « التعديلات التى تطرأ فى أثناء الانحدار » . ويقول دارون فى هذا الصدد : « إن المرء ما إن يعترف بحدوث تعديلات فى الكائنات ، حتى يجد نفسه

مضطرا إلى أن يستمر فى سلسلة التطور دون أن يستطيع التوقف » .
خطوة إثر خطوة يجد المرء نفسه مضطرا إلى أن ينحدر فى سلم الحياة حتى يصل إلى أكثر أشكال الحياة بدائية . وكذلك خطوة إثر خطوة يرتفع المرء فى سلم التطور من سمك الردغة إلى الزواحف إلى الثدييات حتى يصل إلى الإنسان .

* * *

وعندما كتب دارون « أصل الأنواع » كان حذرا فتجنب الإشارة إلى الإنسان ، وبعد اثنى عشر عاما كانت نظرية التطور قد صارت عميقة الجذور فنشر دراسة عن تطور الإنسان عنوانها « انحدار الإنسان » . وكان هكسلى قد سبقه فى هذا الميدان بنشر كتابه « دلائل عن وضع الإنسان فى الطبيعة » (١٨٦٣) . وبالرغم من أن كتاب هكسلى كان مختصرا إلا أنه كان رائعا فى وضوحه وتناوله الأمور بشكل مباشر . وعلى العكس من ذلك كان كتاب دارون غير متماسك وزاخر بالتفاصيل ، بل إنه كان متناقضا فى بعض أماكنه ، كما لو كان المؤلف وضع مذكراته الواحدة إلى جانب الأخرى دون أن يقرأ الأصول مجتمعة ويخرج منها كلا متماسكا .

وإحدى نقائص ذلك الكتاب أن دارون عجز عن التمييز

الواضح بين الوراثة البيولوجية والتأثير الحضارى على سلوك الإنسان وتطوره . ومن الواضح أن دارون شارك علماء الحياة فى عصره ذلك الخطأ ، فقد كان علم الإنسان ما زال وليداً . ولقد أوضح كتاب دارون بطريقة عامة وجود علاقة بين الإنسان والرئيسيات ، وإن ترك هذه العلاقة يعتورها الغموض . وعلينا أن نتذكر ، على أية حال ، أنه لم تكن قد كشفت بعد أية حفائر للإنسان الأول . وكان على دارس التطور إذ ذاك أن يقتصر ، إلى حد كبير ، على المقارنات الشكلية بين الإنسان الحالى من جهة والقردة العليا من الجهة الأخرى . ومن هنا كثرت التكهنات المتعلقة بجدود الإنسان الأولى . ولم يكن من العجيب أن يتصورهم البعض كحيوانات أشبه ما تكون بالغوريلا ذات قواطع هائلة ، ولم يكن من العجيب كذلك أن يتذبذب دارون بين هذه التصورات وبين آراء أخرى أقرب إلى المعقول .

وعلى المؤرخ النزيه أن يسجل أن دارون لم يكن فى قمته عندما عالج الإنسان ويقول أحد نقاد القرن التاسع عشر فى هذا الصدد : « كانت دنيا دارون مليئة بالحشرات والحمام والقردة والنباتات الغريبة ، أما الإنسان فلم يكن له مكان فيها » . وإذا سمحنا لأنفسنا أن نتغالى بعض الشيء مع ذلك الناقد ، فإننا نرجح أن دارون كان يجد فى كتابة كتاب عن دودة الأرض متعة تفوق متعته حين

يتأمل فى ذلك الـكائن العنيد الذى يستطيع الرد على الحجة بمثلها ، وخاصة إذا كانت الحجة لا تقوم على قدميها . وعلى أية حال ، فما كان لرجل يشكو من الأرق وآلام المعدة أن يتصدى لدراسة نوعه . ومن الأفضل ، على الأقل ، أن ينتظر حتى يتحجر الإنسان ويصبح جزءا من الطبقات الچيولوچية .

وكان داروين يعرف ذلك ، وترك لندن لـكى يعمل فى سلام بعيدا عن الضجة . وعندما كان يعالج النباتات المتسلقة ، أو نباتات الأوركيد المعقدة ، أو ورد الشمس الذى يقتنص الحيوانات ، لم يكن يلقى هجوما من الميتافيزيقيين ، ولم يكن يجابه عبارات تلق فى وجهه عن الأخلاق أو الدين . ولم يكن داروين بطبيعة الحال يرغب فى استبعاد الإنسان عن النظام التطورى الذى وضعه ، ولـكنه كان يكتفى بوضع الإنسان كمجرد جزء من تلك الـكلمة الواسعة المتعددة الأشكال وهى « الحياة » . وكان يترك للفلاسفة علاج الجوانب الأخرى للإنسان . وشكا يوما إلى أحد أصدقائه قائلا : « كثيرا ما حنقت على الطريقة التى يتحدث بها الناس (ومنهم ليل) عن ذلك الـكائن الذى يسمى الإنسان ، أنهم يتحدثون عنه كما لو كان يحتل فى مسرح الحياة مكانة أهم ، من الناحية الچيولوچية ، من بقية الحيوانات الثديية » .

وإن شهرة دارون كواضع نظرية التطور تخفى حقيقة لا شك فيها وهى أنه كان من أعلم العلماء الطبيعيين فى عصره ، بل وفى كل العصور . كان يتمتع بقدرة رائعة على رؤية المشاكل العميقة فى أبسط الأشياء ، وأفضل مثل على ذلك تلك الدراسة التى قام بها عن حركة النباتات ونشرها قبل أن يموت بعامين . لقد قام بعدد من التجارب المبدعة ذات الأهمية الكبيرة فى علم النبات التجريبى ، وذلك على النباتات اللفافة التى لم تكن قد درست بشكل كاف . ولعل السبب فى نجاح دارون هو المقارنات المستمرة التى كان يجريها بين النبات والحيوان . وهناك قصة طريفة تروى لتبين كيف كان دارون أقوى ملاحظة من معاصريه . كان دارون يشرح لهكسلى وزميل آخر كيف يقوم نبات « الدروسيرا » ، أو ورد الشمس ، بالإمساك بالحشرات باستخدام شعيراته اللزجة . وكان الزائران يستمعان إلى دارون كما لو كان قد أصابه « مس » . وفجأة صرخ هكسلى وكأنه عجب : « انظروا . . إن النبات يتحرك فعلا » .

* * *

وعندما يحيط المرء بذلك الطريق الطويل الذى سلكه دارون لكى يصل إلى كشفه العظيم يعجب للدور الكبير الذى لعبته الجزر المحيطية فى هذا الكشف . . وكثير من الناس يهملون ذلك الدور

لحد كبير . ويعتقد البعض أن كلمة « التطور » تعنى شيئا حدث فى الماضى، شيئا يرتبط بالقردة المتحجرة والديناصورات ، شيئا نعثر عليه فى الصخور والجبال المتحاتة ، شيئا يكمن فى تاريخ عالم من صنع صائد العظام ؛ أى عالم الحفائر . ومما يدعو إلى العجب أن عالم الحفائر هذا هو الذى وقف متحدياً دارون والنظرة التطورية .
ولم يكن علم الحفريات متقدما كما هو اليوم ،ولذلك فقد كان السجل الچيولوچى مليئا بالثغرات. وكان نقاد دارون يصرخون فى وجهه قائلين : « أين هى هذه الحلقات ؟ أين حلقاتك المزعومة بين القرد والإنسان ، بين الحوت وحيوانك الأرضى المفقود ؟ أرنا هذه الحفريات وبرهن على ما تقول» . وكان دارون يجيب عليهم قائلا: « هذا هو أوضح وأخطر اعتراض يوجه إلى نظريتى ، غير أننى أعتقد أن التفسير يكمن فى الثغرات الكبيرة الموجودة فى السجل الچيولوچى » . وكان لا بد من العثور على دليل اتصال الحياة فى مكان آخر غير السجل الچيولوچى . ولعبت الجزر المحيطية دورا مهما فى هذا السبيل .

وكان المفروض ، قبل دارون ، أن النباتات والحيوانات الموجودة على هذه الجزر تعتبر دليلا على اتصال قديم بين هذه الجزر وبين القارة القريبة . غير أن دارون لاحظ عددا من الأمور ، لاحظ أن هذه الجزر تخلو من رتب بأكملها من الحياة الموجودة

على القارة ، كما لاحظ أن بعض النباتات العشبية على القارة قد نمت إلى أشجار خشبية على هذه الجزر ، ولاحظ أخيرا أن الحيوانات الموجودة على الجزر تختلف عن مثيلاتها الموجودة على القارة.

وكان الشيء الذى لفت نظره وحيره أكثر من أى شيء آخر هو ذلك التباين الموجود فى مناقير الشراشير الموجودة فوق هذه الجزر . رأى لهذه الشراشير مناقير ببغائية وأخرى مقوسة وأخرى مستقيمة وغيرها صغيرة ، مناقير تصلح لأغراض متباينة . ولم يكن ذلك التباين فى المناقير يلاحظ فى مكان إلا على هذه الجزر ، ولا بد أنها تكونت هناك . وكان تعليق داروين على ذلك: « بوسع المرء أن يتخيل أنه من ضمن الطيور الأولى التى كانت موجودة على الجزر ، أخذ نوع من الأنواع يعانى تعديلات كثيرة كل منها يهدف إلى غرض بعينه » . تحولت هذه الطيور ، خلال المعركة القائمة من أجل البقاء فوق الجزر الصغيرة ، إلى أشكال متباينة تستطيع أن تحصل على غذائها وتحيا تحت ظل ظروف بيئية محلية خاصة . ولقد قال عالم الطيور داقيد لاك فى هذا الصدد : « إن شراشير داروين تكوّن عالما صغيرا خاصا بها ، ولكنه يعكس بوضوح خصائص العالم الكبير » .

ولا جدال فى أن إدراك داروين للمدلولات الموجودة فى ذلك

العالم الصغير ، حيث القوى التى تعمل لخلق كائنات جديدة تبدو واضحة للعيان ، كان شيئاً ضرورياً لوصول دارون إلى كشفه المتعلق بأصل الأنواع . إن الأنواع المتداخلة المتشابكة من الحياة فوق سطح القارة تختزل لحد كبير فى الجزر فيستطيع المرء أن يلاحظ بشكل أنجح العوامل المؤثرة . ولقد أكد دارون مرارا وتكرارا الدور الذى لعبته هذه الجزر فى صياغة تفكيره . وذكر لصديقه ليل فى يوم من الأيام أنه ما من شىء يساعد التاريخ الطبيعى قدر « التجميع بعناية ودراسة كل أشكال الحياة التى نجحت فوق أكثر الجزر انعزالا ... إن كل قوقعة هناك ، وكل نبات له أهمية قصوى » .

إن دارون ولد فى وقت مناسب تماما للرحلات العلمية العظيمة ، فلو أنه جاء قبل ذلك لاستحال عليه أن يقرأ ما تدلى به هذه الجزر من أسرار ، ولو أنه تأخر عن ذلك لوجد أن هذه الأسرار بدأت فى التلاشى والاختفاء . واليوم يتلاشى سكان هذه العوالم الصغيرة ، ودون أن يتعمق الإنسان فى دراستها فى كثير من الأحيان . إن الإنسان قطع على هذه الكائنات وحدتها وحمل معه القطط والجرذان والماعز والخنازير والحشرات والأعشاب من القارات . وأمام هذه الضيوف الأكثر تحملا والأكثر عنفاً والأكثر عدواناً ، تلاشت الحيوانات والنباتات الغريبة والجميلة التى كانت تقطن هذه

الجزر المنعزلة دون أن تترك أثراً . فالسلحفاة الهائلة التى كانت فى جزر الجالاپاجوس اندثرت تقريباً ، كما اندثرت السحالى التى كان داروين يلعب بها . وكادت بعض الشراشير الصغيرة الغريبة والنباتات النادرة هناك أن تختفى . وفى جزيرة مدغشقر بدأت الليمورات ، أقرباؤنا البعاد ، التى انبثقت منها أشكال غريبة كثيرة ، بدأت فى الاندثار نتيجة للقضاء على الغابات . وحتى فى أستراليا لعب الإنسان دوراً كبيراً فى إفناء بعض الحيوانات الأصيلة هناك . إن عوالم روبنصن كروزو ، حيث تحيا الكائنات فى تكاسل ودون خوف من الإنسان ، اندثرت نهائياً . وحيثما كانت تغرد العصافير والطيور صارت النفاثات تزأر وتهدر ، وحيثما كانت تختفى الحيوانات المختلفة كمنت الطائرات وقاذفات القنابل . كم كان داروين يتولاه العجب لو رأى تلك الأماكن بشكلها الحالى !

أما عن أفكار داروين فى الساعات الأخيرة من حياته قبل أن يتوفى عام ١٨٨٢ ، وهو يصارع قلبه الضعيف ، فنحن لا نعرف الكثير . ولا يسع المرء إلا أن يتساءل عن الصور التى كانت تبرز أمام عينى الرجل الذى لم يؤمن بالجنة وهو يودع ذلك العالم : هل كان يرى مرتفعات جزر الجالاپاجوس السوداء التى وصفها فيتزروى بأنها « أنسب مكان لمجمع الشياطين » . وما من شخص سيرى هذه الأماكن كما رآها داروين : أراضى تحرقها الشمس

الاستوائية القاسية وفوقها تعج الزواحف السوداء التى خلقت منذ القدم ثم فقدت . وفى يوم من الأيام صرخ دارون وكأنه انفعال وقال : « يا لهذا الكتاب الذى خطته يد شيطان ، كم هو ملىء بالأراضى الجرداء المنخفضة القاسية الكئيبة ! » ولم يتحدث دارون أو يكتب بهذه الطريقة مرة أخرى . كان ذهنه أميل إلى أن يتذكر هذه الأماكن وطائر الفردوس يرشف الماء من إناء بين يديه . وعندما حانت نهايته قال هذه الكلمات برباطة جأش « إننى لست خائفاً من الموت » .

كانت هذه هى الروح التى سيطرت عليه عندما قام برحلته العظيمة أيام شبابه، ولعلها كانت تكفيه وهو يقوم برحلته الأخيرة.

پـاڤـلوف

بقـلم : جيرزى كونورسكى

يعتبر إيڤان پتروڤتش پاڤلوف ، الفسيولوجى الروسى العظيم ، أحد الشخصيات النادرة فى العلم التى انتشرت أعمالها فى جميع البلدان فى أثناء حياتها . حقا إن اسم پاڤلوف يجعلنا نتذكر فورا كلبه الصغير الذى يفرز العصارة من فمه بمجرد سماعه لقرع الجرس ، ولـكن ذلك الاسم يجعلنا نتذكر قبل ذلك وبعد ذلك المساهمة العظيمة التى أسهم بها فى العلم ، وهى مرتبطة أوثق الارتباط بما يسمى «الانعكاس الشرطى» .

والواقع أن بحوث پاڤلوف تركت أثرا لا يمحى على علـم الفسيولوچيا وعلم الأعصاب وعلم النفس . وبالرغم من شهرته الواسعة لم تـكن أعماله معروفة على وجه الدقة خارج بلاده . ومن الواضح أن المرء لا يستطيع أن يعرض فى مثل هذا المقال أعمـال پاڤلوف بشكل شامل ، ولذلك فإننا سنكتفى ببعض

الذكريات الخاصة عن پاڤلوف ، كما سنقيّم بعض بحوثه الأكثر أهمية .

كان پاڤلوف رجلا ذا مواهب متعددة واضحة ، متوقد الذهن قوى الذاكرة مليئا بالنشاط والحيوية ، ولكنه ظل ، مع ذلك ، إلى نهاية حياته بسيطا كل البساطة متواضعاً كل التواضع . كان معمله فى لنينجراد، حيث عَمِلتُ تحت إشرافه ، خلية من نحل . وبالرغم من أنه كان فى الثمانين من عمره إلا أن حماسه لم يفتر للبحوث العلمية ، وكان ينشر ذلك الحماس من حوله . كان الروح المحركة لأغلب البحوث التى تتم فى المعمل ، ولم يكن يتورع عن الرقص طرباً وهو يرى تجربة تكلل بالنجاح . وكان معمله منظما كل التنظيم ، ففى كل أربعاء يجتمع معاونوه ، وهم عشرات من العلماء ، لمناقشة مشاكلهم وتبادل الآراء بخصوصها . وكان پاڤلوف ، ذو الموهبة العجيبة على التحدث ، يدهش زملاءه . كان يحارب بكل قوة من أجل الآراء التى يؤمن بها ، وكان يسوق الدليل تلو الدليل ليبرهن على رأيه ، ولكنه فى نفس الوقت كان يسارع بالاعتراف بخطئه إذا ما تبين له ذلك .

وهناك قصة كثيرا ما تروى لأنها تعبر بشكل طريف عن موقف پاڤلوف العام بالنسبة لما يقوم به من أعمال : كان يقوم


BERNARDA
BRYSON

بدراساته الأولى المتعلقة بالجهاز الهضمى ، ووجد أن حامض الإيدروكاوريك يؤثر فى الإثنى عشر ويجعل البنكرياس يفرز عصارته . واعتقد پاڤلوف أن الحامض يؤثر بطريقة أو بأخرى على الجهاز العصبي فتحدث النتيجة المشاهدة وهى ذلك الإفراز . وبعد فترة من الزمن بين العالمـان الإنجليزيان السير وليام بيليس وإرنست ستارلنج أن إفراز البنكرياس يحدث نتيجة أثر هورمونى: فعندما يلامس حامض الإيدروكلوريك الغشاء المخاطى للإثنى عشر فإنه يدفعه إلى أن يفرز هورمونا يسمى « سيكرتين » ، وأن هذا الهورمون هو الذى يدفع البنكرياس إلى الإفراز . وقال پاڤلوف أول الأمر أن هذا أمر مستحيل ولا يعقل ، غير أنه أعاد تجارب العالمين الإنجليزين ورأى أن استنتاجهما سليم ، وعندئذ قال محنقا ، والعجب والتأنيب الذاتى يسيطران عليه ، ودون ما حسد أو غل : « وبعد ، لسنا نحن الوحيدين الذين نكشف الأشياء الجديدة ! » .

* * *

ولد پاڤلوف عام ١٨٤٩ فى مدينة ريازان بأواسط روسيا . وكان أبوه قسا أرثوذكسيا من قساوسة القرى، وكان من الطبيعى إذن أن يتلقى پاڤلوف تعليمه فى معهد دينى. ولـكنه سرعان ما تبين أن ميوله تتجه إلى ناحية أخرى فالتحق بكلية العلوم الطبيعية فى

جامعة سانت پيترسبورج . وواصل دراسة الطب فى الأكاديمية العسكرية الطبية وتخرج فيها عام ١٨٧٩ . وقام پاڤلوف بأول بحث له ، وهو بعد طالب ، فى فسيولوجيا الدورة الدموية . وعين من ضمن موظفى عيادة الأمراض المتوطنة . ولقد أوكل رئيس العيادة إلى پاڤلوف أن يشرف على تنظيم معمل الفسيولوجيا ، حتى يتم الربط بين النظرية والتطبيق فى العيادة . ولقد أجرى پاڤلوف أغلب بحوثه الأولى فى ذلك المعمل الصغير فى عيادة سانت پيترسپورج ، اللهم إلا خلال عامين بين ١٨٨٤ — ١٨٨٦ اشترك فيهما مع العالم الفسيولوچى الألمانى كارل لودڤيج فى مدينة ليپزيج .

كانت الإمكانيات المعطاة له من نوع بدائى جدا ، فالمعمل لم يكن أكثر من مبنى خشبي لا يختلف كثيرا عن الكوخ ، وكان عليه أن يوفر المال اللازم لبحوثه من مرتبه الضئيل ، ولم يكن معه معاونون منتظمون . وبالرغم من ذلك ، استطاع ، بفضل طاقته الجبارة ومثابرته وتفانيه فى عمله، أن يشق طريقه ويصل إلى كشوف هامة أكسبته شهرة لا تتناسب مطلقا مع ذلك المعمل المتواضع الذى يعمل فيه . وفى عام ١٨٩٠ عين أستاذا لعلم العقاقير فى الأكاديمية العسكرية الطبية ، وفى عام ١٨٩١ عين رئيسا للمعمل الفسيولوچى بمعهد الطب التجريبى الذى أنشىء إذ ذاك فى سانت پيترسپورج .

وما إن حلت نهاية القرن التاسع عشر حتى كان پافلوف شخصية معترفاً بها كواحد من أبرز علماء الفسيولوچيا فى العالم. وفى عام ١٩٠٤ حصل على جائزة نوبل تقديراً لجهوده فى فسيولوچيا الهضم. وفى عام ١٩٠٧ انتخب عضواً فى أكاديمية العلوم الروسية، وأصبح بعد ذلك مدير المعهد الفسيولوچى التابع للأكاديمية، وظل فى هذا المركز حتى نهاية حياته. وفى العقد الرابع من القرن الحالى شيدت له محطة فسيولوچية فى كولتوزى، التى تسمى الآن پافلوڤو، بالقرب من لينجراد.. وفى فبراير من ١٩٣٦ أصابه التهاب رئوى، ومات وعمره ٨٧ عاماً.

° ° °

إذا تجاوزنا عن دراسات پافلوف الأولى الخاصة بتنظيم ضغط الدم، وهى بحوث طريفة وإن لم تكن ممتازة بشكل خاص، فى ميسورنا أن نقسم نشاط پافلوف العلمى إلى مرحلتين: المرحلة الأولى من العقد الثامن الماضى إلى عام ١٩٠٢، وكرس پافلوف فيها نفسه للدراسة المفصلة لوظائف القناة الهضمية. ومنذ عام ١٩٠٢ حتى وفاته كان يسبر أغوار فرع جديد من فروع المعرفة خلقه هو، ذلك هو فسيولوچيا النشاط العصبى الراقى.

ومن المعلوم أن بحوث پافلوف حول إفرازات القناة الهضمية

صارت الأساس الذى تقوم عليه معارفنا الحالية فى هذا الميدان . وكانت تسيطر على باڤلوف ، خلال تلك الدراسات ، وكذلك خلال بحوثه اللاحقة فى الجهاز العصبى ، عدة مبادئ وأفكار قد لا يعود إليه الفضل الكامل فى وضعها ، ولكن له الفضل فى تطويرها بشكل واضح .

أما أول هذه المبادىء فهو أن الكائن يقوم بوظائفه كوحدة متكاملة ، وأن فحص الأعضاء المنفصلة فى ظروف صناعية تجرى خلالها التجارب لا يمكن أن يؤدى إلى فكرة سليمة عن كيفية سلوك هذه الأعضاء وهى تعمل بشكل طبيعى فى جسم الكائن . ولذلك فإن باڤلوف كان يحاول دائما أن يقوم بتجاربه الفسيولوجية تحت ظل ظروف أقرب ما تكون إلى الظروف الطبيعية . وعند قيامه بتجاربه المتعلقة بالقناة الهضمية لجأ إلى عدد من العمليات العبقرية التى تهدف إلى أن يظل عضو الحيوان يقوم بوظيفته بشكل طبيعى أثناء إجراء التجربة عليه . لقد عثر ، مثلا ، على وسيلة تجعل قنوات الغدد اللعابية والبنكرياس تصب فى الخارج دون أن تنزع هذه الأعضاء من الجسم ، كما تمكن من أن يعزل جزءاً من هذا العضو أو ذاك دون أن ينزعه من ارتباطاته مع الجهاز العصبى . وإحدى تجاربه الشهيرة تسمى « كيس باڤلوف » ، وفيها عزل جزءا من معدة كلب وكون من ذلك الجزء كيسا فتحته فى جدار البطن

وتصب إلى الخارج . والشبكة العصبية فى ذلك الكيس سليمة تماما بحيث أن العمليات الإفرازية التى تتم فى المعدة التى تتلقى الغذاء ، تتم بالضبط فى ذلك الكيس ، بالرغم من عدم وصول غذاء له ، ومن ثم يمكن الحصول على الإفرازات ودراستها بمنتهى الدقة .

ومن الواضح أن نجاح مثل هذه العملية وبقاء الكلب فى صحة جيدة كان يتطلب درجة عالية من النظافة والتطهير ، كما كان يتطلب العناية التامة بالحيوان بعد العملية . وبالرغم من أن هذه الفكرة تعتبر اليوم شيئاً عادياً ، فقد كانت حقاً فكرة مبدعة فى زمن باڤلوف .

أما المبدأ الثانى الذى كان يهدى باڤلوف فى كل بحوثه فيسمى مبدأ « العصبية » ، وهو يفترض أن الجهاز العصبى يتحكم فى كل وظائف الجسم . وعلينا أن نتذكر أن الدراسات المتعلقة بالغدد الصماء كانت فى مهدها إذذاك . كان باڤلوف يعتقد أن الجهاز العصبى هو الذى يتحكم فى نشاط الكائن وينظمه ويجعل منه كلا متكاملا ، ولهذا فإنه كان دائم الاهتمام بتوضيح دور الأعصاب . وفى إحدى تجاربه الجميلة قام بإجراء عدة عمليات على الجهاز الهضمى للكلب بهدف دراسة النظام الذى تفرز به المعدة عصاراتها . فصل بلعوم الكلب عن المعدة وأوصله للخارج بحيث لا يصل الغذاء

الذى يتناوله الـكلب بفمه إلى المعدة ولـكنه يسقط مرة أخرى إلى الخارج عن طريق فتحة البلعوم . وفى نفس الوقت وضع أنبوبا يصل المعدة إلى الخارج لدراسة سلوك المعدة والإفرازات التى تتـكون بها . ووجد أنه بالرغم من أن الغذاء لا يصل إلى المعدة فعلا ، فإن المعدة تفرز عصاراتها متأثرة بمضع الـكلب للطعام والعمليات الأخرى التى تصاحب تناول الغذاء . وأثبت پاڤلوف أن الأعصاب الحائرة هى التى تؤدى إلى حدوث ذلك الأثر ، ذلك أنه فى حالة قطع هذه الأعصاب يتوقف إفراز المعدة فورا بالرغم من استمرار الـكلب فى تناول الغذاء . وإن انصباب پاڤلوف على وضع نظرية الدور المركزى للجهاز العصبى قد يفسر لنا عجبه وعدم تصديقه لـكشف بيليس وستارلنج أن الهورمونات تلعب كذلك دورا فى عملية الهضم .

أما المبدأ الثالث الذى كان يضىء الطريق لپاڤلوف فهو إيمانه أن التجارب الفسيولوچية ذات مدلول كبير بالنسبة للطب التطبيقى . هذه الفـكرة التى يقبلها الجميع اليوم بكل بساطة ، لم يكن متفقاً عليها إذ ذاك ، على الأقل فى روسيا .

* * *

وكان من الطبيعى أن ينتقل پاڤلوف ، بعد نشاطه المتعلق

بالجهاز الهضمى ، إلى دراسة الجهاز العصبى وتمحيص الأفعال المنعكسة الشرطية ، أى إلى المرحلة الثانية من جهوده العلمية . وتفسير ذلك أن پاڤلوف تأثر كثيرا بكشفه الخاص بإفرازات الغدد اللعابية والعصارات المعدية فى الكلب ، وكيف أن هذه الإفرازات لا تتم فقط عندما يلامس الغذاء الغشاء المخاطى للفم والمعدة ، ولكنها تتم كذلك بمجرد رؤية الكلب للطعام أو بمجرد حدوث أية إشارة مرتبطة بتقديم الغذاء . يتضح من ذلك أن الإفرازات الهضمية ، التى اعتبرها پاڤلوف ظاهرة فسيولوچية بحتة ، قد تقوم على أساس نفسى وترتبط بالخبرات التى اكتسبها الكلب .

كانت هذه الفكرة شيئاً مذهلا بالنسبة لعالم الفسيولوچيا فى ذلك الوقت ، ذلك أن علم الفسيولوچيا وعلم النفس كانا يعتبران ميدانين منفصلين تماما . كان علم الفسيولوچيا يقصر اهتمامه على معالجة الاستجابات الفطرية التى تحدث فى جسم الكائن وخاصة تلك التى تتحكم فيها الأجزاء الدنيا من الجهاز العصبى ؛ أما الاستجابات المكتسبة أو التى تعلمها الكائن فتقع فى ميدان علم النفس . وواجهت پاڤلوف مشكلة محيرة : هل يجب عليه أن يدع الوسائل الفسيولوچية ويتحول إلى الوسائل النفسية لكى يدرس السلوك الهضمى للكلب ؟ لم يكن يستطيع أن يفعل ذلك ، لأنه لم يجد

ثمة وسيلة للتأكد من نظريات علم النفس عن طريق التجربة .

وبعد تردد طويل قاس عشر پاڤلوف على حل جرىء رائع للمشكلة. إنه سيعالج المشاكل النفسية باستخدام الوسائل الفسيولوچية البحتة . إن إفراز اللعاب أو العصارات المعدية ، على أية حال ، ظاهرة واحدة سواء كان أصلها فسيولوچيا أو نفسيا. ودار فى ذهن پاڤلوف أن تطبيق وسائل التجربة الفسيولوچية لدراسة السلوك المكتسب قد يفتح ميدانا جديدا هائلا من ميادين البحث العلمى .

وقرر پاڤلوف أن يركز تجاربه على الغدد اللعابية لأسباب كثيرة مدروسة. كان يعلم من بحوثه السابقة أن الغدد اللعابية شديدة الحساسية وأن نشاطها يتأثر بعوامل محدودة ومعينة لدرجة أكبر من الأجهزة المحركة ، وهى أكثر الأعضاء استجابة للسلوك المكتسب . والأهم من كل ذلك أن پاڤلوف أدرك أن البحوث المتعلقة بالغدد اللعابية لن تتعرض كثيرا لخطر التفسيرات النفسية للنتائج ، الشىء الذى كان ينبغى تجنبه بكل الوسائل .

وعلى ذلك بدأ پاڤلوف ومعاونوه دراساتهم المتعلقة بالانعكاسات المكتسبة أو كما كان يسميها الانعكاسات الشرطية « الطبيعية » التى تحدث فى الحيوان بشكل تلقائى عندما يستجيب لمرأى الطعام أو لرائحته مثلا . وبعد ذلك ، وبعد أن تكاملت أساليب

باڤلوف ، بدأت مجموعته فى خلق الانعكاسات الشرطية كاستجابة لإشارات خاصة مثل دق الجرس أو ضوء المصباح .

وسرعان ما توصل باڤلوف إلى نتيجة هامة هى أن العمليات الشرطية تتم بطريقتين : فهى إما أن تنتج استجابة وإما أن تكف الاستجابة . فإذا لم « يقوى » المؤثر الشرطى ، أى إذا لم يصاحبه تقديم الطعام ، فإن الانعكاس الشرطى سيتلاشى . ولقد أوضح باڤلوف أن هذا التلاشى يحدث بنظام خاص أطلق عليه الكف الداخلى .

وفى المرحلة الأولى من البحوث ركزت مجموعة باڤلوف اهتمامها على خواص الانعكاسات الشرطية المثارةو المكفوفة والعلاقة بينهما . ثم توسعت البحوث بعد ذلك فأحاطت بميدانين جديدين على درجة كبيرة من الأهمية . لقد وضح ، أولا ، عن طريق تكرار نفس التجارب على عدد كبير من الكلاب أن هذه الحيوانات تتباين لدرجة كبيرة من حيث سرعة تكوين الانعكاسات الشرطية ، ومن حيث درجة ثبوت هذه الانعكاسات ، ومن حيث تأثير الانعكاسات الكفية على الانعكاسات المتكونة ، وهكذا . واستخدم هذا التباين كأساس لوضع تقسيم لنماذج الجهاز العصبى ، وهذا الموضوع كان محل بحوث كثيرة فى السنين الأخيرة . وبذلت جهود فى المحطة

البيولوجية فى پاڤلوڤو لتوضيح أن نوع الجهاز العصبى فى الكائن يمكن أن يورث لذريته . وكان الكشف الثانى الذى توصل إليه پاڤلوف ومجموعته فى العقد الثانى من بحوثهم المتعلقة بالانعكاسات الشرطية أنه من الممكن الوصول إلى حالة عصبية فى الكلب ناجمة من التضارب بين عمليتى الإثارة والكف .

وأدى الكشف الثانى إلى إجراء بحوث واسعة فيما يسمى بالحالة العصبية التجريبية ، أعراضها وتشخيصها وعلاجها . وفى هذه التجارب أثبتت الانعكاسات الشرطية المتعلقة بالغدد اللعابية أنها على درجة كبيرة من الحساسية ، وأنها دليل دقيق على حالة الجهاز العصبى العادية وحالته المرضية . وقرب نهاية حياة پاڤلوف ألحقت بمعامله عيادة تشخص وتعالج الأمراض النفسية والأمراض النفسية العصبية عن طريق محاولة تحليل مختلف الحالات العصبية فى الإنسان على أساس القوانين التى استخلصت من التجارب على الحيوانات . إن پاڤلوف لم ينس ، فى خضم بحوثه الطويلة المعقدة ، أمله الطويل الأمد فى استخدام بحوثه على الحيوانات لمصلحة الإنسان .

بهذا نكون قد لخصنا الخطوط العامة للانتصارات العلمية الأساسية التى حققها پاڤلوف ومدرسته . ولا حاجة بنا إلى تأكيد أهمية البحوث التى أجريت على فسيولوچية العمليات الهضمية .

غير أننا نلاقى صعوبة أكبر عند تقريرنا لقيمة بحوثه المتعلقة بالانعكاسات الشرطية .

من المعترف به ، بشكل عام ، أن الإنعكاسات الشرطية لعبت دوراً هائلا فى تطوير علم الفسيولوچيا الحديث ، واليوم تقوم مدارس بأكملها على أساس ما حققه پاڤلوف فى هذا الميدان . غير أنه نظراً لأن التطبيق الفسيولوچى للانعكاسات الشرطية قد تطور بشكل خاص فى الولايات المتحدة ، فإنى كأوروبى بعيد عن مركز هذه الاتجاهات الجديدة ، أجد نفسى فى موضع لا يسمح لى بمناقشتها . أما فيما يتعلق بالتطبيق العملى لآراء پاڤلوف فى مجالات الأمراض النفسية العصبية والصحة النفسية والتعليم ، فإن علينا أن ننتظر بعض الوقت حتى تتبين قيمة ذلك . وبناء على ذلك فإنى سأقتصر على معالجة مدلول الانعكاسات الشرطية بالنسبة للحالات العصبية الفسيولوجية ذاتها .

كثيراً ما كان پاڤلوف يطلق على تعاليمه الخاصة بالانعكاسات الشرطية عبارة « الفسيولوچيا الحقيقية للمخ » . وكان يرى أن دراسة الانعكاسات الشرطية ليست غاية فى ذاتها ولكنها وسيلة لفهم النظام المركزى الذى يتحكم فيها ، وهو القشرة المخية . وكان پاڤلوف يعترف بأن هناك وسائل أخرى لدراسة نشاط القشرة

المخية ، مثل وسيلة الاستثارة الكهربية للقشرة المخية فى الحيوان غير المخدر ، وأن هذه الوسائل قد تكون ذات قيمة كبيرة ؛ غير أنه كان يرى أن الصورة الحقيقية لنشاط القشرة لا يمكن أن تتضح إلا عن طريق دراسة العضو وهو فى حالته الطبيعية ، كما فى تجارب الانعكاسات الشرطية . وقوى هذا الاعتقاد لدى پاڤلوف عندما وصل إلى نتائجه الباهرة المتعلقة بالقناة الهضمية .

ومن الحقائق الطريفة أن موقف پاڤلوف ووسائله اتفقت لحد كبير مع آراء ووسائل معاصره الإنجليزى الكبير السير تشارلز شيرنجتون . والواقع أن كلا منهما قام بدراساته الفسيولوجية على أساس استخدام مؤثرات محددة من الناحيتين الكيفية والكمية ، وعلى أساس الجمع بين هذه المؤثرات، وكذلك قام كل منهما بدراسة النظام المركزى للانعكاسات عن طريق فحص رد الفعل الذى يحدث فى الحيوان . غير أن شيرنجتون كان يقوم بدراساته على الحيوانات التى انتزعت منها مراكز المخ العليا ، أى على الحيوان الذى لم يبق له سوى عموده الفقرى ؛ هذا بينما كان پاڤلوف يقوم بدراساته على حيوانات لم تمس قشرتها المخية . كان شيرنجتون يدرس النشاط الفطرى للجهاز العصبى ، بينما كان پاڤلوف يدرس النشاط المكتسب لذلك الجهاز .

* * *

وخلال العقود الأخيرة الماضية تدعمت الأفكار الرئيسية التى قدمها هذان العالمان العبقريان عن طريق التجارب التى أجريت بفضل التطور الكبير الذى طرأ على وسائل البحث الفسيولوجية الكهربية . وعندما كان پافلوف وشيرنجتون يقومان ببحوثهما كان فكرة « المركز العصبي » ، سواء فى العمود الفقرى أو فى القشرة المخية ، لا تزيد على عبارة مفيدة خلقاها للربط بين الإثارة والاستجابة . أما اليوم فإن عبارة « المركز العصبي » صارت شيئا ملموسا ومحسوسا لدرجة تتزايد وضوحا باستمرار . ولعلنا لسنا بعيدين عن الوقت الذى سيتحقق فيه حلم پافلوف الجميل عن « رؤية » ما يحدث فى المخ خلال جمجمة الإنسان السميكة .



القسم السادس

ثلاثة من الرياضيين

١ – تشارلز بابيج

بقلم فيليب وإميلى موريسون

فيليب موريسون أستاذ مساعد لعلم الفيزياء فى جامعة كورنيل. تخرج فى معهد كارنيجى للتكنولوچيا عام ١٩٣٦ ثم درس الفيزياء النظرية على يد روبرت أوپنهايمر فى جامعة كاليفورنيا، حيث حصل على شهادة الدكتوراه عام ١٩٤٠. وعندما أعلنت الحرب العالمية الثانية ترك موريسون منصبه كمدرس فى جامعة إلينوى لكى يلتحق بمعمل أبحاث المعادن بجامعة شيكاغو، ثم أصبح فيما بعد رئيسا لمجموعة من البحاث فى معمل لوس ألاموس بمقاطعة مانهاتن. وكان أحد أعضاء فريق الفيزيائيين الذين أشرفوا على المرحلة الأخيرة من العملية التاريخية التى حدثت بجزر ماريانوس، كما كان أحد الأوائل الذين نزلوا لدراسة آثارها وعواقبها فى اليابان. وسرح من الخدمة عام ١٩٤٦ حيث التحق بعمله الحالى فى كورنيل. وهناك اختلفت أوجه نشاطه فكان منها دراسة نشأة الأشعة الكونية، ونظرية التركيب النووى، وإجراء تجارب لا أمل كبير يرجى منها على طبيعة انتقال الاستعلامات فى الخلايا. أما إميلى موريسون فقد تخرجت كذلك فى معهد كارنيجى للتكنولوچيا، وهى مساعدة لزوجها فى تبسيط العلوم، وهما يشتركان فى الاهتمام بهذا الموضوع.

٢ – لويس كارول

بقلم وارين ويفر

وارن ويفر هو نائب رئيس قسم العلوم الطبيعية والطبية بمؤسســـــة روكفلر ومدير قسم العلوم الطبيعية والزراعية بها . ويعتبر هذا العمل طريقه الثانى الذى شقه فى الحياة ، فقد كان أولا عالما فى الرياضيات بجامعة ويسكونسن ، حيث عمل أستاذا ورئيسا لقسم الرياضيات بها حتى عام ١٩٣٢ . وعندما التحق بمؤسسة روكفلر ، أعلن ويفر أن هدفه فى توجيه موارد المؤسسة سيكون نحو زيادة « الاهتمام بعلوم الحياة وعلم النفس ، ثم تلك التطورات الخاصة فى الرياضيات والفيزياء والكيمياء التى لها فى حد ذاتها أهمية بالنسبة لعـــلوم الحياة . » ويعود كثير من الفضل فى تقدم وانتعاش العلم الأمريكى فى هذه الفروع اليوم إلى هذه السياسة التى رسمها ويفر . ولما كان ويفر رجلا مليئاً بالحيوية لا يعرف الكلل فقد جعل الشئون العامة للعلم محل اهتمامه الخاص ، وأمكنه أن يثير اهتمام عدد من الهيئات والمعاهد التى لم يكن من السهل إثارتها مثل الاتحاد الأمريكى لتقدم العـــلوم والأكاديمية القومية للعلوم ، وجعلها تشترك بنشاط فى تنمية وعى الرأى

العام بالعلم والدفاع عن حرية العلم . ولديه فى منزله بنيوميلفورد أكبر مجموعة خاصة من مؤلفات لويس كارول ، وتحتوى هذه المجموعة على مخطوطات رياضية وكذلك على طبعات بلغات كثيرة من « مغامرات أليس فى بلاد العجائب » إلى « من خلال العين السحرية » .

٣ ـ سرينيفاسا رامانوجان

بقلم جيمس نيومان

بقدر ما يعرف جيمس نيومان ككاتب فى الرياضيات لمؤلفاته مثل « الرياضيات والخيال » و« عالم الرياضيات » ، فإنه يعرف أيضاً كمؤلف « صناعة الطاقة الذرية » و « تجربة فى التهجين » ، واشترك فى كتاب : « التحكم فى الطاقة الذرية » . وهذان المؤلفان يعكسان خبرته كمستشار اللجنة البرلمانية بمجلس الشيوخ عن الطاقة الذرية فى عامى ١٩٤٥ ، ١٩٤٦ ، وكونه أحد المشتركين فى وضع التشريع الأصلى الخاص بالطاقة الذرية فى الولايات المتحدة .

تشارلز بابيج

بقلم : فيليب واميلى موريسون

في أثناء مهرجان بريطانيا الذى أقيم عام ١٩٥١ ، كان يحتل مكان الصدارة فى أحد أقسام معرض العلوم فى متحف العلوم بسوث كنسنجتون ، آلة حاسبة براقة ذات شكل انسيابى تسمى نيمرود . ولو ابتعد الزائر عن المعروضات الرئيسية ، لوجد فى بهو بعيد أحد أسلاف هذه الآلة وقد تراكم عليها الغبار ، وهى عبارة عن مجموعة معقدة من الحلقات والعجلات والقضبان وقد كتب عليها « آلة بابيج للفروق » . وقد صمم هذه الآلة ، عام ١٨٣٣ ، رجل قضى حياته وأضاع ثروته فى محاولة بناء آلات رياضية لم يكن عصره مهيئا لتقبلها ولكن أمكن الآن تحقيقها .

واسم تشارلز بابيج غير معروف إلا لدى بعض الرياضيين اليوم . . ولم يدرك قيمة عمله من معاصريه إلا القليلون ، أما جيرانه فى لندن فلم يعرفوا عنه إلا أنه عدو لدود لعازفى الأرغن فى الشوارع ؛ وعندما مات نعته جريدة التايمس اللندنية قائلة إنه الرجل الذى عاش

ثمانين عاما ، رغم مضايقات عازفى الأرغن » . ولكن علماء الرياضة يعتبرونه اليوم رجلا متقدما عن عصره سابقاً لأوانه . وعندما كتبت مجلة « نيتشر » البريطانية عن الآلات الحاسبة الأمريكية الحديثة كان عنوان المقال « أحلام بابيج تتحقق » .

كان بابيج متنوع الميول ، ألف كتابا عن « اقتصاديات المصنوعات والماكينات » ، وضع فيه الأساس لما يعرف اليوم بالبحوث المتعلقة بالعمليات . وقاد حملة كبيرة دعا فيها الحكومة لمساعدة وتمويل البحوث العلمية فى وقت كان البحث العلمى يعتبر فيه هواية للمترفين من الرجال ؛ ونشر جدولا للوغاريتمات من ١ إلى ١٠٨,٠٠٠ وهو يستعمل على نطاق واسع ، كما وضع جداول لمعدلات الوفيات وقام بمحاولات تعتبر الأولى من نوعها للدعاية للتأمين على الحياة وشرحه للشعب ، وصمم قطعا للغيار ، واقترح عددا من الاختراعات ، منها وسائل لمنع حوادث السكك الحديدية ونظاما لإشارات المنارات ، ونشر بحوثا فى الفيزياء وعلم طبقات الأرض والفلك وعلم الآثار ، ولكن هوايته الكبرى التى شغلت حياته كانت الماكينات الرياضية أو الآلات الحاسبة .

* * *

ولد بابيج فى ديفونشاير عام ١٧٩٢ ، وكان أبوه مصرفيا ، ورث عنه فيما بعد ثروة طائلة ، ونظرا لضعف صحته فقد تلقى علومه


BERNARDA
BRYSON

على أيدى مدرسين خصوصيين إلى أن التحق بكلية ترينيتى بجامعة كامبريدج عام ١٨١٠ . وكان فى ذلك الوقت قد هام بالرياضيات ووجد أنه يعرف عنها أكثر من معلمه . وكان أقرب أصدقائه فى أثناء دراسته بالجامعة هما جون هيرشيل ، ابن عالم الفلك الشهير ويليام هيرشيل ، وجرج پيكوك . وقد تعاهد الطلبة الثلاثة فيما بينهم على أن « يتركوا العالم أكثر حكمة مما وجدوه » . فكان أول ما قاموا به لتنفيذ هذا العهد أن أسسوا الجمعية التحليلية لتشجيع الرياضيين الإنجليز على إحلال نظام ليبنيتز المستعمل فى القارة الأوربية محل مصطلحات نيوتن الرياضية . كان نيوتن يضع نقطة فوق الرمز للتعبير عن معدل التغير ؛ بينما كان ليبنيتز يضع ء قبل ذلك الرمز . ولقد قال بابيج إنه أسس هذه الجمعية للدعوة « لمبادىء الدائية ضد عهد «النقطة فى الجامعة» . وبالرغم من المعارضة الكبيرة التى لقيتها الجمعية إلا أنها تركت أثراً كبيراً فى تطور الرياضيات فى المستقبل فى إنجلترا .

ولما أيقن بابيج أنه سيهزم فى مسابقة « الترايبوس » من زميليه هيرشيل وپيكوك إذا بقى بكلية ترينيتى ، التحق بكلية پيترهاوس إذا أنه رأى من الأفضل له أن يكون الأول فى پيترهاوس على أن يكون الثالث فى ترينيتى . وبالفعل كان ترتيبه الأول عند التخرج فى پيترهاوس . واستمر فى الدراسة إلى أن حصل على

الماچستير عام ١٨١٧ . واستمرت الصداقة بين بابيج وهيرشيل وپيكوك حتى بعد تخرجهم فى الجامعة . ومع أنهم اختلفوا فى السبل التى طرقوها فى حياتهم إلا أن ثلاثتهم استمروا حافظين العهد الذى قطعوه على أنفسهم . التحق پيكوك بسلك الكنيسة وسرعان ما أصبح أسقف إيلى . وقرر هيرشيل ، بعد فترة تمرين قصيرة فى المحاماة ، أن يلحق بوالده فى علم الفلك ، وامتاز فى هذا العلم ، وحصل على لقب فارس ، وعين مديرا لدار سك النقود ، وتجنب كل الخلافات العلمية حتى إن مؤرخيه قالوا عنه إن حياته كانت مليئة بالصفاء والبراءة .

أما بابيج ، على العكس من ذلك ، فقد أمضى حياة مليئة بالفشل المزير بين آلاته الحاسبة . وقد أشار فى إحدى المرات فى أواخر أيام حياته لبعض أصدقائه أنه لم يمض يوما واحدا سعيدا طيلة حياته ، وتحدث « كما لو كان يكره الجنس البشرى عموما ، والإنجليز خصوصا ، والحكومة الإنجليزية وعازفى الأرغن أكثر من أى شىء آخر » . والواقع أن حياته لم تكن على هذه الدرجة من السوء ، فقد كان معظم حياته رجلا اجتماعيا ألوفا يميل إلى المرح . ويحكى أنه كان فى زيارة لفرنسا مع صديقه هيرشيل ، وطلب بابيج بيضتين لكل منهما للإفطار قائلا للساقى Pour chacun deux

فصـــاح الساقى للطباخ قائلا : Ilfaut faire bouillir cinquante - deuxœufs pour Messieurs les Anglais » (١)
ولكنهما تمكنا من إيقاف الطباخ فى الوقت المناسب ، ولكن القصة سبقتهما إلى باريس وصاحبها كثير من التعديل والتحوير . وعندما سألها مضيف فى أثناء العشاء ، عما إذا كانت القصة التى سمعها عن شابين إنجليزيين أكلا ٥٢ بيضة فى الأفطار محتملة ، أجابه بابيج قائلا : « لا توجد حماقة لا يمكن أن يرتكبها شاب إنجليزى بين الحين والآخر » . وكتب أحد أساتذة جامعة أدنبرة بأنه كان مدعوا للعشاء لدى بابيج وأنه « لم يستطع أن يهرب منه فى الثانية صباحا إلا بمنتهى الصعوبة بعد سهرة غاية فى الإمتاع » . وكان يصطحب فى رحلاته إلى القارة الأوربية أناساً من مختلف المشارب منهم الأرستقراطى أو عالم الرياضيات أو الميكانيكى الماهر .

* * *

وبالرغم من ذلك ، فإن شغف بابيج واهتمامه بالآلات قد غيرا من طباعه وحولاه من شاب مرح إلى عجوز صارم . وقد تملكه شغفه هذا أول ما تملكه ، وحسب أصدق الروايات ، بعد محادثة عابرة مع صديقه هيرشيل . فقد أحضر هيرشيل إلى بابيج

---

(١) يجب سلق اثنتين وخمسين بيضة لكل من السيدين الإنجليزيين .

بعض الحسابات الخاصة بالجمعية الفلكية ، وفى أثناء مراجعة هذه الحسابات والأرقام وجدا عددا من الأخطاء . وفى إحدى المرات قال بابيج « إننى أرجو الله أن تتم هذه الحسابات بوساطة البخار » ، فعلق هيرشيل قائلا « إن هذا ممكن » ، وعندما فكر بابيج فى الأمر ازداد اقتناعه بأنه من الممكن أن تقوم الآلات بحساب وطباعة الجداول الرياضية . ووضع تصميما أولياً لفكرته الأولى وصنع نموذجا صغيرا يتكون من ٩٦ عجلة و٢٤ محورا ، اختصرها فيما بعد إلى ١٨ عجلة و ٣ محاور . وفى عام ١٨٢٢ كتب رسالة ضمنها فكرته وأرسلها إلى سير همفرى دافى ، رئيس الجمعية الملكية ، شرح فيها فوائد ومزايا « آلة الفروق » ، واقترح أن يصنع واحدة لكى تستخدمها الحكومة . ورحبت الجمعية الملكية باقتراحه ، وأعطى وزير المالية وعدا شفويا بوضع مبلغ من المال تحت تصرف الجمعية لهذا الغرض .

ولقد توقع بابيج أن يستغرق هذا المشروع ثلاث سنوات ، إلا أن الأفكار الجديدة كانت تطرق ذهنه دون توقف ، فيلقى بما أتم من آلته جانباً ، وبعد مضى أربع سنوات لم يكن قد اقترب من هدفه . وقد أقامت الحكومة له بجوار منزله مبنى وورشة لا تؤثر فيهما النار . وبعد زيارة دوق ولينجتون للتفتيش على هذه الورشة أعطته الحكومة منحة أخرى سخية لتمكنه من الاستمرار فى عمله .

ولكن بابيج ، بعد فترة ، اختلف مع مهندسه القدير جوزيف كايمنت حول المرتبات ، وكانت النتيجة أن حل كايمنت الورشة وصرف رجاله ورحل ومعه جميع قطع الآلات والرسومات التى كان من حقه القانونى الاستيلاء عليها .

وفى هذه المرحلة الحرجة خطرت لبابيج فكرة جديدة ، فكرة آلة تحليلية ، أسهل فى البناء ، وأسرع فى العمل ، وتفوق آلة الفروق فى القدرات والإمكانيات . وتقدم بهذا المشروع بكل حماس إلى الحكومة ، وسأل هل يستمر فى آلة الفروق أم يعمل على تنفيذ فكرته الجديدة . واستمر ثمانية أعوام يطالب برد على سؤاله هذا . وأخيراً جاء الرد بأن الحكومة تأسف لأنها قررت عدم المضى فى المشروع . وكانت الحكومة قد أنفقت فعلا ١٧,٠٠٠ جنيه على هذا المشروع ؛ وكان بابيج قد انفق أيضا على المشروع ما يوازى هذا المبلغ . وقد أودعت آلة الفروق هذه التى لم تتم ، والتى فقد بابيج اهتمامه بها ، فى متحف كاية الملك بلندن ؛ ثم نقلت رفاتها فيما بعد إلى متحف سوث كنسنجتون حيث ترقد إلى الآن .

استمر بابيج يعمل عدة سنوات فى آلته التحليلية على نفقته الخاصة ، ثم أهملها وبدأ يصمم آلة تحليلية أخرى ، تحتوى كل

التعديلات والتحسينات والتبسيطات التى عثر عليها أثناء العمل فى الآلة الأولى . وعاد يطالب الحكومة أن تمد إليه يد المساعدة ، ولكن وزير المالية لم يوافق. وهنا قال عنه بابيج إنه « هيروستراتاس العلم الذى سيرتبط اسمه باسم مخرب المعبد الإفيزى ، هذا إن لم يطوه النسيان بين ثناياه » .

ولكن بابيج لم ينته من بناء أية آلة . لقد كان أوسع أفقاً من الوسائل التى كانت تحت تصرفه فى ذلك الوقت . كان بابيج يطمع فى شىء أكبر من مجرد آلة حاسبة بسيطة ؛ كان يهدف إلى صنع آلة تحسب الجداول الرياضية الطويلة وتطبعها كذلك . وعلق على ذلك قائلا : « إن الآلات التى تقوم بالحسابات العادية . . لن تكون فى مثل فائدة الآلة التى تحسب الجداول » .

كانت آلة بابيج للفروق تطبيقا لنظرية الفروق الثابتة . ولتوضيح هذه النظرية نأخذ مسألة كان من المفروض أن تتمكن الآلة من حلها ، وهى حساب مربعات الأعداد المتوالية أى ١^٢ ، ٢^٢ ، ٣^٢ ، ٤^٢ . . . إلخ. ويمكن الحصول على مربعات الأعداد الصحيحة ، بقدر ما لنا من الصبر على متابعة هذه العملية ، بوساطة عملية إضافة بسيطة ، إذا أخذنا الرقم ٢ على أنه الفرق الثابت . فإذا أخذنا ثلاثة أعمدة ووضعنا فى العمود الأول دائما الفرق ٢

(الذى يمثل الأس الثانى) ، ويبدأ العمود الثانى بالرقم ١ ثم نضيف إليه الفرق ٢ فى كل خطوة تالية . وفى العمود الثالث نحصل على حاصل الجمع الذى يبدأ بالرقم ١ ثم يعطينا الجواب الذى نريده . فمثلا ١ زائد ٢ زائد مربع ١ يعطينا ٤ وهى مربع ٢ ؛ ٣ زائد ٢ زائد ٤ تساوى ٩ وهى مربع ٣ ؛ ٥ زائد ٢ زائد ٩ يساوى ١٦ وهى مربع ٤ . . . إلخ .

وهذا هو الجدول :

III	II		I
	١		
١		←	٢
	٣		
٤		←	٢
	٥		
٩		←	٢
١٦	٧	←	٢

إن هذه العمليات البسيطة يمكن أن تؤديها الآلة بنفس الطريقة التى يحدد بها عـــداد المسافات فى السيارة ما قطعته السيارة من الكيلو مترات ، وذلك بحدوث عملية الجمع عند دوران عجلات عليها أرقام . وكان أول نموذج مبدئى صنعه بابيج لآلة الفروق عبارة عن عجلات ذات أسنان على أعمدة تدور بوساطة كرانك ،

وكان فى إمكان هذه الآلة أن تعطى جدولا لمربعات الأعداد لخامس رقم . ولكن الآلة الأخرى التى اقترح بناؤها كانت على مقياس أكبر بكثير . لقد كان فى نية بابيج أن تعطى آلته الأعداد إلى الرقم العشرين وأن تكون فروقها من الدرجة السادسة ، بدلا من الدرجة الثانية . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن كل عدد يظهر فى عمود الإجابات كان سينتقل خلال مجموعة من الأذرع والكامات إلى مجموعة من الخرامات مصنوعة من الصلب ، وهذه بدورها تطبع العدد على لوح نحاسى معد للحفر .

وكان هذا من الناحية الميكانيكية عملا هائلا . ولنا أن نتصور العدد المختلف من المسامير والصواميل والمفاتيح والكامات والروابط والأعمدة والعجلات التى يحتاجها هذا العمل ، ثم نتذكر أن أجزاء الآلات العيارية والتى تعمل بشكل أوتوماتيكى لم تكن معروفة فى ذلك الوقت ! لقد تناول بابيج هذه المسألة وعالجها بغاية المهارة ، إذ وضع هو ومساعدوه تصميم كل جزء بعناية تامة ، وكانوا يصنعون قطعا أخرى احتياطية للإقلال من استهلاك الآلة . وأصبح بابيج نفسه صانعا ماهرا ، يطور العدد التى أصبحت فى عهده من أحسن العدد ، كما كان يطور الأساليب التى أصبح بعضها نواة للأساليب الحديثة فى تصميم العدد والآلات . ولكن لعل هذا الاهتمام وهذه العناية فى التصميم كانتا نقطة الضعف الكبرى فى عمل

بابيج . فلو أن الآلة قد تم صنعها ، لكان بها حوالى الطنين من الأجزاء المصنوعة من البرنز والصلب والزنك والتى صنعت طبقا لمواصفات محددة لم يسبق أن صنع مثلها من قبل .

* * *

إن ما رآه بابيج بعين خياله عندما انتقل بفكره من آلة الفروق إلى الآلة التحليلية كان شيئاً رائعاً حقاً . وكان فيما قبل قد تصور آلة وصفها وصفاً معبراً حين قال إنها « الآلة التى تأكل ذيلها » . وكان يقصد بذلك أنه يمكن للنتائج التى تظهر فى خانة الإجابات أن تؤثر فيما سبقها من أعمدة بحيث تغير التعليمات المعطاة للآلة فى الأصل . وكان من المفروض أن الآلة التحليلية يمكنها أيضاً أن تقوم بأية عملية رياضية وأن التعليمات التى تعطى للآلة يمكنها أيضاً أن توجه الآلة فى جميع العمليات والخطوات وفى ترتيب هذه الخطوات . وكان فى إمكانها أن تجمع وتطرح وتضرب وتقسم ؛ وكان لها ذاكرة تستوعب ألف خمسين رقما عشريا ، وتقوم بعمليات أخرى مثل جداول اللوغاريتمات ، بحيث يكون لديها مكتبتها الخاصة . وكان بإمكانها أن تقارن الأعداد ، وتعمل حسب تقديرها ، وبذلك تتدرج إلى عمليات أخرى لم يسبق أن أعطيت فى التعليمات الأولى .

وتتضمن الآلة الحاسبة الحديثة كل أو الكثير من هذه الأشياء . ولكن بابيج كان محددا بالإمكانيات الميكانيكية التى كانت موجودة فى ذلك الوقت ؛ ولم يكن فى استطاعته طبعاً أن يدخل فى تصميماته أية دوائر كهربية ، بله أية أنابيب إلكترونية . كان يعتزم أن يصنعها كلها بالبطاقات المثقوبة ، وهى ليست طبعا بطاقات هولريت السريعة الخلط والتى تتحرك على محولات استشعارية كهربية مثل التى نستعملها هذه الأيام ، ولكنها بطاقات مثل التى تستعمل فى أنوال الجاكار . وتثقب التعليمات والثوابت العددية على البطاقات بحيث تبدو أعمدة شفرية من الثقوب . وعندما توضع البطاقات فى الآلة تتحسسها أسلاك الاستشعار . فإذا كانت الثقوب فى المكان الملائم ، دخلت الأسلاك فى الثقوب وربطت حركة الأعمدة مع الأجزاء المختلفة للآلة ، وهكذا تؤدى الآلة عملها وكل العمليات المطلوبة منها . ولم تضعف كل هذه التعقيدات من ثقة بابيج ، فقد كانت لديه لوحة لجوزيف جاكار منسوجة من الحرير وقد استخدم فى نسجها ٢٠٫٠٠٠ بطاقة مثقوبة !

هذا أبسط وصف للآلة . وإن تشارلز بابيج ليمتلىء زهوا عندما يعلم أن أفكاره عن الآلة التحليلية قد طبقت اليوم فى الآلات الحاسبة الإلكترونية الضخمة .

ولقد ابتدع بابيج إلى جانب مفهومه عن الآلة الحاسبة ، كثيراً من الاختراعات الميكانيكية ذات الاستخدامات التطبيقية المفيدة . وكما يهتم العاملون فى تصميم الآلات الحاسبة هذه الأيام بالأنابيب المفرغة والدوائر الإلكترونية ، كذلك كان اهتمام بابيج بمشا كل الورشة وحجرة الرسم والتصميم ، فقد اخترع هو ومعاونوه بعض العدد التى تستخدم مع المخرطة . وكان ضمن العمال المهرة الذين عملوا معه شخصاً يدعى ج . هوايتويرث ، ومن بعد سير جوزيف هوايتويرث ، الذى أصبح أكبر صانع للعدد الدقيقة فى إنجلترا . ولقد وصف الخبراء من معاصرى بابيج رسوماته للآلات المختلفة ، وهى رسومات تغطى ٤٠٠ قدم مربع من الورق بأنها من أحسن الرسومات الميكانيكية .

ولقد صدرت عدة طبعات من كتاب بابيج « حول اقتصاديات المصنوعات والآلات » ، وأعيد طبعه فى الولايات المتحدة وترجم إلى الألمانية والفرنسية والإيطالية والإسبانية . وتناول فيه بالتفصيل صناعة الدبابيس والعمليات المختلفة ، وما تحتاج إليه من مهارة ، وتكاليف كل عملية ، واقترح عدة تحسينات فيما كان يجرى من عمليات . واقترح عدة وسائل عامة لتحليل المصانع والعمليات ولإيجاد الموقع والحجم الملائم للمصانع . وكان بابيج يعتز جداً بإحد التعليقات التى سمعها من أحد العمال الإنجليز حين

قال « لقد جعلني هذا الكتاب أفكر » .

* * *

وعندما تخطى بابيج السبعين من عمره سجل تاريخ حياته في كتاب أسماه « مراحل من حياة فيلسوف » ، وهو كتاب متشائم ولكنه لا يخلو من مرح ، وجاء في صفحته الأولى ، وبعد اسم مؤلفه ، عدد من الجمعيات العلمية (وأغلبها أجنبية) . وتاريخ حياته هذا سجل لخيبة آماله بقدر ما هو سجل لما حققه من أعمال ، وكتب ، حسب قوله ، « لكي يقلل من عدم استساغة « تاريخ آلاته الحاسبة » .

ولكنه لم يكن في حاجة للاعتذار . إن فكرة الآلة الحاسبة كانت دليل النبوغ . وإن تاريخه كله لدليل حي على الرباط المتين بين الاختراعات العلمية البحتة من جهة وبين التقدم التكنولوجي السائد ، والمفهوم العام ، والتعضيد الواجب من جهة أخرى . إن آلاته لم تتحرك لتعطي الأجوبة المطلوبة لأن النبوغ يمكن أن يتفوق ولكنه لا يمكن أن يتخطى أو يتجاهل حدود إمكانياته . ولا يكمن نبوغ بابيج في الكتب التي علاها التراب أو في التفوق في أحد فروع العلم أو في تلك العجلات القديمة القابعة في أحد متاحف العلوم . إن نبوغ بابيج ينعكس فيما نشاهده اليوم من آلات حاسبة هائلة .

لويس كارول

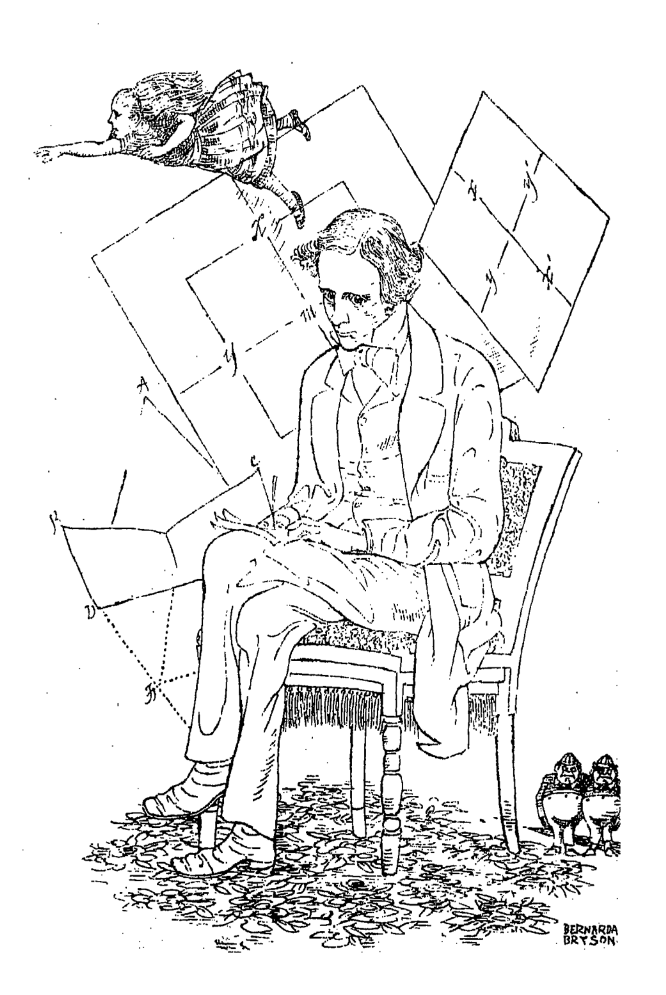
بقلم : وارين ويفر

لويس كارول — ألم يكن كذلك عالما رياضيا من الدرجة الأولى؟ . هذا هو التعليق التقليدى عند ما يذكر اسم مؤلف «أليس فى بلاد العجائب». ذلك أن أغلب الناس كانوا يعرفون أن اسم كارول الحقيقى هو تشارلز لوتويدج دودجسون وأن هوايته طوال حياته هى العلوم الرياضية . وكانت تتداول بين المعجبين بأدبه قصة زائفة تقول بأن الملكة فيكتوريا عند ما قرأت «أليس» أعجبت بها وطلبت كتابا آخر لنفس المؤلف فأرسل لها كتاب دودجسون الجاف عن المحددات الجبرية .

ويعتبر لويس كارول من نوابغ الأدب ، الأمر الذى يثير فى المرء الفضول إلى معرفة مدى قدراته الرياضية . هناك اتجاه عام إلى اعتبار الرياضة موضوعا غريبا صعبا جافا عميقا بحيث إنه ما من رياضى إلا وهو « رياضى عظيم » ، لأنه لا يوجد عمالقة صغار . وهذا القول ، مع ما فيه من تقدير للرياضيين ، ليس

بالضرورة صحيحا مع الأسف . أما كارول فقد كتب فى كثير من الموضوعات الرياضية ، وفى ميسور المرء أن يرجع إلى هذه الكتابات لكى يعرف أى نوع من الرياضيين كان كارول .

إن قصة حياته العلمية يمكن سردها بسرعة. ولد تشارلز لوتويدج دودجسون عام ١٨٣٢ بالقرب من ديرزبيرى فى تشيشاير . وكان أبوه ، كما كان جده ، وجد جده ، من رجال الكنيسة . والتحق بجامعة أكسفورد عام ١٨٥٠ بعد أن قضى ست سنوات لا تظللها السعادة فى المدارس الإنجليزية العامة . وفى نهاية عام ١٨٥٢ حصل على درجة فى الرياضة مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على منحة دراسية على شرط ألا يتزوج وأن يهب نفسه للكنيسة . ولقد حصل على درجة الليسانس مع مرتبة الشرف الأولى فى مدرسة الرياضة النهائية عام ١٨٥٤ ، وعلى درجة الماجستير عام ١٨٥٧ . وفى عام ١٨٥٥ وفى سن ٢٣ ، منح منحة دراسية كانت تدر عليه مبلغ ٢٠ جنيها سنويا وعين طالبا متقدما فى كلية كريست تشرش ومحاضرا فى الرياضة بالجامعة . عاش كارول أعزب فى مساكن الجامعة بتوم كواد فى عام ١٨٦٨ إلى أن مات وهو فى السادسة والستين من عمره عام ١٨٩٨ . ولم يدب النشاط فى حياته الأكاديمية إلا عندما عين مساعدا لأمين المكتبة عام ١٨٥٥ ، ثم عندما أصبح


BERNARDA
BRYSON

شماسا عام ١٨٦١ ، وفى النهاية عندما عين مشرفا على النادى وكان فى الخمسين من عمره إذ ذاك .

* * *

هذه الحياة الهادئة المنعزلة . هى التى ساعدته على الكتابة باعتباره تشارلز لوتويدج دودجسون وباعتباره لويس كارول . وبالرغم من أن كارول أنتج كثيرا من الكتب ، إلا أن الناس لا يذكرون له سوى القليل . ويبلغ عدد ما طبع من مؤلفاته فى أثناء حياته ٢٥٦ مؤلفا ، وأما مجموع ما ألفه فيصل إلى حوالى ٩٠٠ مؤلف . ومن هذه المؤلفات ١٦ كتابا — منها حوالى ستة للأطفال وحوالى عشرة فى الرياضيات وعلم المنطق . ولا بد أن نقول « حوالى » لأنه من الصعب أن نحدد ما إذا كان قد كتب المجموعة الأولى للأطفال أم للكبار ، وهل قصد بالثانية إلى الرياضة أم إلى التسلية . وبالإضافة إلى ذلك كتب كارول حوالى ٢٠٠ كتيب ، حوالى خمسين منها تتناول خلافات أكاديمية فى كريست تشرش ، وحوالى ثلاثين لألعاب الكلمات والكتابة السرية وما شابه ذلك ، وأكثر من خمسين لموضوعات غاية فى الاختلاف والتنوع مثل : كيف تتذكر المواعيد ، وتهذيب كتابات شكسبير للبنات الصغيرات ، والحكم فى مباريات التنس ، والأخطاء الجارية فى الهجاية ، وقواعد تقدير أجرة البريد . . . وغيرها .

ومن ضمن ال ٢٥٦ مؤلفا التى طبعت فى أثناء حياته ، كانت ٥٨ منها للرياضيات وعلم المنطق . فإذا بحثنا فى هذه المؤلفات لتقدير مكانة كارول الرياضية — أو لعله يجدر بنا أن نقول هنا مكانة دودجسون — اكتشفنا أنه كان مدرسا فى المقام الأول ، يهتم اهتماما كبيرا بطرق تدريس المواد الأولية ، فقد كتب حوالى العشرين كتابا للطلبة فى الحساب والجبر والهندسة وحساب المثلثات والهندسة التحليلية .

ولعل أهم كتب دودجسون وأكبرها فى الهندسة ، واسمه « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » ، يعطينا فكرة عن طريقته فى تناول الرياضيات . إنه يبين لنا أن دودجسون محافظ عنيد وهب نفسه للدفاع عن أوقليد ضد أى اتجاه حديث لتعديله أو تحسينه أو تغييره بأى شكل من الأشكال . فقد حاول دودجسون فى هذا الكتاب إثبات أن بديهيات أوقليد وتعبيراته وبراهينه وأسلوبه لا يمكن تغييرها لما هو أفضل منها . بل لقد أصر على أن ترتيب وترقيم نظريات أوقليد لا بد أن تبقى محفوظة كما هى . وسخر دودجسون بمهارة من علماء الهندسة المعاصرين الذين حاولوا تعديل بديهية أوقليد للمتوازيات ، واتهم كل محاولاتهم بأنها « شنيعة » (ولعله من المفيد ، مع ذلك أن نلاحظ أن دودجسون فى كتاب له صدر فيما بعد واسمه « نظرية جديدة فى المتوازيات »

قد حاول هو نفسه إبدال البديهية التقليدية ببديهية أخرى من وضعه) .

ولا بد من تقدير كتاب « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » على أنه مسل وطريف ، إلا أنه يتسم بصلابة الرأى الزائدة ، وهو من الناحية العلمية عديم الجدوى . إنه لا يعكس إدراك المعاصرين من الرياضيين بشكل متزايد أن بديهية التوازى لم تكن حقيقة واضحة ولكنها فرض لا يمكن إثباته وضع بشكل جبرى . ولم تكن فلسفة دودجسون تتقبل الهندسة اللا أوقليدية بما يترتب عليها من ثورة فى الرياضيات والعلوم .

* * *

ولعل الصورة الكئيبة لنيافة القس دودجسون والتى خلقتها أعماله التربوية تتحول إلى صورة باسمة إذا تحولنا إلى كتاباته الرياضية الأخرى ، إذ هو يقترب فى هذه الحالات من الرجل الذى نعرفه باسم لويس كارول . ولنأخذ مثلا على ذلك كتابه الصغير العجيب المسمى « مشاكل الوسادة » ، ففى هذا الكتاب يقدم دودجستون ٧٢ مسألة أغلبها فى الجبر والهندسة وحساب المثلثات وضعها وحلها جميعا فى سريره أثناء الليل دون ورقة أو قلم . كان دودجسون يعانى من الأرق ، وبقدر ما كان حريصا على الإشارة إلى أن الرياضة لا تؤدى إلى النوم ، فقد كان يقول إنها

تشغل الذهن بأشياء مبهجة وتمنع القلق والاضطراب والهموم .
ومما يدل على شدة تدينه أنه نادى بالتفكير الرياضى ، فى أثناء الاستيقاظ ، كعلاج « للأفكار المتشائمة التى تبدو فى بعض الأحيان أنها تنتزع أقوى الإيمان . . . والأفكار الكافرة التى تشق طريقها إلى أشد الأرواح إيمانا . . والأفكار الملحدة التى تعذب بوجودها المقيت الخيال العذب الطاهر » .

وبالرغم من أن المسائل الواردة فى هذا الكتاب ، مسائل أولية ، إلا أنها من التعقيد بحيث تحتاج إلى مهارة حقة فى التركيز والتصور وخاصة إذا كان على المرء أن يحلها بفكره . وإليك هذا المثال :

« فى أول يولية ، وعندما كانت ساعتى تشير إلى الساعة الثامنة صباحا كان منبهى يشير إلى الساعة الثامنة وأربع دقائق . وضبطت الساعة على توقيت جرينيتش ، وعندما كانت ساعتى تشير إلى الظهيرة ، كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ وخمس دقائق . وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة إلى السادسة كان المنبه يشير إلى الساعة ٥ والدقيقة ٥٩ . وفى يوم ٣٠ يولية ، عندما كانت ساعتى تشير إلى التاسعة صباحا كان المنبه يشير إلى الساعة ٨ والدقيقة ٥٧ . وعند جرينيتش عندما أشارت الساعة إلى الساعة ١٢ والدقيقة ١٠ كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ والدقيقة ٥ .

وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة إلى ٧ ، كان المنبه يشير إلى الساعة ٦ والدقيقة ٥٨ . وكنت أملأ الساعة فى كل مرة أقوم فيها برحلتى ، ولكنها تظل تسير بانتظام لمدة يوم واحد . أما المنبه فإنه يعمل دائما وبانتظام ، فكيف يمكننى أن أعرف متى تحين الظهيرة حقا يوم ٣١ يوليه ؟

وحلول دودجسون للمسائل الواردة فى هذه المجموعة حلول ماهرة ودقيقة . إلا أن أحدها يكشف بشكل مضحك حدود تفكيره الرياضى . والمسألة هى : لدينا حقيبة تحتوى على كرتين ، لا نعرف عنهما إلا أن كل منهما إما أن تكون سوداء (س) وإما بيضاء (ب) وعليك أن تتعرف على ألوانها دون إخراجها من الحقيبة » . لقد ارتكب فى حله لهذه المسألة (وهى مسألة لا يمكن حلها بالشكل الذى جاء ذكره) خطأين فاحشين . فهو أولا افترض ، خطأ ، أن احتمالات وجود س س ، س ب ، ب ب (وهى الإمكانيات الثلاثة داخل الحقيبة) هى $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{4}$ على التوالى . ثم هو يضيف كرة سوداء إلى الحقيبة ، ويحسب احتمال سحب كرة سوداء بعد ذلك على أنه $\frac{2}{3}$ ، ثم يرتكب خطأه الشنيع الثانى بأن يقرر أن الحقيبة فى هذه الحالة لا بد وأن يكون بها س س ب . وهذا الأسلوب فى التفكير يؤدى به إلى القول بأن فى الحقيبة أصلا كرة سوداء

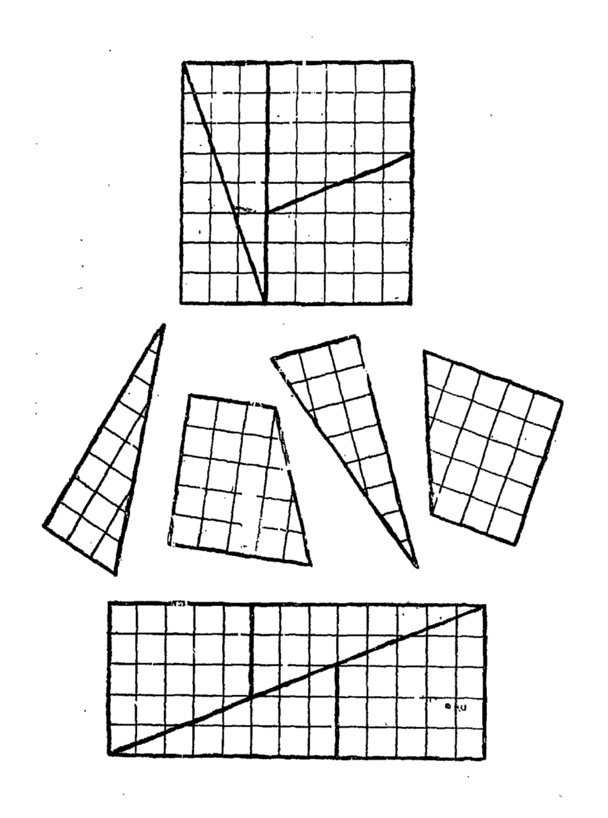
وأخرى بيضاء ! وهذه مسألة قد تكون طريفة فى بلاد العجائب ولكنها رياضة يغلب عليها طابع الهواة . وقد أشار البعض إلى أنه لو استخدم أسلوب دودجسون هذا فى حالة حقيبة تحتوى ثلاث كرات غير معروفة اللون (سوداء أو بيضاء) لانتهينا إلى أنه من المستحيل أن تكون فى الحقيبة ثلاث كرات .

* * *

ووضع دودجسون كتابا آخر فى الألغاز الرياضية سماه « قصة معقدة » وأطلق على المسائل لفظ « العقد » . وإليك ، مثلا ، العقدة الأولى : اثنان من الرحالة قضيا من الساعة الثالثة إلى الساعة التاسعة فى المشى على طريق مستوى ثم تسلق جبل ثم الهبوط من الجبل ومرة أخرى على الطريق المستوى إلى منزلها . وكانت سرعتهما على الطريق المستوى ٤ ميل فى الساعة . احسب المسافة التى مشياها ، خلال نصف ساعة ، عندما كانا على القمة .

وفى مجموعة مخطوطات دودجسون التى أمتلكها نجد اللغزين المحببين إلى نفسه واللذين لم ينشرهما . وأحدهما هو « أين يبدأ النهار؟ » وفيه يقول إن التناقض الظاهرى قد يؤدى بالشخص الذى يسير حول الأرض فى اتجاه الغرب بنفس سرعة الشمس ، إذا بدأ من مكان ما فى يوم الثلاثاء فإنه سيعود إلى نفس المكان يوم الأربعاء . فأين

إن التناقض الظاهرى لهذه المثلثات يؤدى إلى النتيجة المستحيلة وهى أن ٦٤ تساوى ٦٥ . فالمربع الموجود أعلا الرسم يتكون من ٨ × ٨ وحدات مربعة ، وقد قسم إلى أربعة أجزاء مبينة فى الوسط . فإذا ركبت هذه الأجزاء لكى تكون المستطيل المبين فى أسفل الرسم ، فإننا نجد به ظاهريا ٥ × ١٣ وحدة مربعة . إلا أننا إذا دققنا النظر فى المستطيل تبين لنا أن ميل القاعدة المواجهة للزاوية القائمة فى كل مثلث لا تساوى ميل الجانب المائل من الشكل الرباعى الأضلاع المجاور لجانبه الأقصر. والواقع أن « المربع » الزائد ينتج من انبساط الفضاء الواقع بين أجزاء المستطيل العلوية والسفلية. ولقد وضع كارول تعميما لهذا التناقض الظاهرى فى معادلة جبرية تعطى أبعاد جميع المربعات الممكنة التى يمكن تقطيعها بهذا الشكل المتناقض ظاهريا ؛ مثل المربعات التى أبعاد جوانبها ٢١ وحدة و ٥٥ وحدة .



ومتى حدث هذا التغير فى التـاريخ ؟ ولقد أجهد دودجسون الـكثيرين من الموظفين الحـكوميين وشركات التلغراف بمراسلاته وسؤاله هذا ، الذى طرحه لأول مرة عام ١٨٦٠ . ولم يستطع أحد الإجابة عن هذا السؤال بالطبع ، إلى أن اتفق على خط التاريخ العالمى عام ١٨٨٤ .

أما لغزه الثانى المفضل والذى أسماه « القرد والوزن» ، فقد حير أيضا معاصريه . وهذا اللغز هو : حبل تام الليونة لا وزن له علق على بكرة لا وزن لها ولا احتكاك ، وفى أحد طرفى الحبل قرد وفى الطرف الآخر وزن يعادل تماما وزن القرد . وبدأ القرد فى تسلق الحبل ، ماذا يحدث للوزن فى الطرف الآخر ؟ .

فإذا كنا سنأخذ بحرفية الـكلام فإننا لا نستطيع أن نقول ماذا يحدث للوزن إلا إذا عرفنا بالضبط ماذا يفعل القرد ، وماإذا كان يجذب الحبل برفق ، أويهزه بعنف ، أوما إلى ذلك . ولـكن يمكن بشكل عام ، إعطاء حل كامل وبسيط لهذا اللغز ، لأنه حسب الشروط الواردة فى اللغز يؤثر الحبل على الوزن بنفس القوة التى يؤثر بها على القرد فى أية لحظة . فـكيفما يتحرك القرد يتحرك الوزن بنفس الشكل .

ويتضح من جميع كتابات دودجسون الرياضية أنه لم يكن

رياضياً مهما . فكما رأينا ، بالنسبة للهندسة ، كانت آراؤه عنيفة حتى بالنسبة لعصره . وفى مسألة الاحتمالات التى سبق ذكرها فشل فى إدراك مبدأ العلة غير الكافية ، وبالنسبة للجبر كتب مرة فى مذكراته : « يبدو أن ٢ (س^{٢} + ص^{٢}) هى دائماً مجموع مربعين ولكن هذه حقيقة لايمكن إثباتها » . وقد أخذ بعض الوقت لكى يتذكر الحقيقة التى يعرفها أى تلميذ يدرس مبادئ الجبر وهى أن ٢ (س^{٢} + ص^{٢}) = (س + ص)^{٢} + (س — ص)^{٢} .

وبالنسبة للتفاضل كان مفهومه عن الكميات المتناهية فى الصغر غاية فى الارتباك وكانت بالنسبة له كميات غريبة غير واضحة فهى ليست لانهائية وليست محددة وليست صفرا ! وتحوى كراساته أخطاء منطقية بشعة مثل «وحدة الكميات المتناهية فى الصغر» و « وحدة اللانهاية » و « الحد الأدنى للكسر المحدود » . ولم يستطع أن يفهم المفهوم الأساسى للعمليات النهائية فى التفاضل ، وذلك كما تشير ملحوظته التى كتب فيها « إن الفكرة التى تقول إنه ما دام من الممكن إثبات أن كمية متغيرة تساوى تقريبا كمية ثابتة ، فإنها ستصبح بالفعل مساوية لها ، أمر غير مقبول فى نظرى ، إذ يمكننا فقط أن نختزل الفرق ولكننا لا يمكننا أن نلغيه » .

* * *

ولكن قبل ان نشطب دودجسون من سجل الرياضيين لابد أن نلم بما حققه فى مجال المنطق . فقد كان نصف كتاباته فى الرياضة تقريباً فى هذا المجال .

ولعل أهم هذه الكتابات كان « لعبة المنطق » الذى نشر عام ١٨٨٦ . والنسخة الموسعة التى نشرت بعد ذلك بعشرة أعوام كتاب أطول وأكثر جدية من الأول وكان اسمه « المنطق الرمزى : الجزء الأول، المبادىء » . وفى هذا الكتاب طور كارول استخدام الطريقة التى بدأها العالم الرياضى السويسرى ليونارد أويلر عام ١٧٦١ . وهذه الطريقة تحوى تقديم مجموعات من الفروض المتماثلة بوساطة رسومات فراغية ، مع لغة رمزية لترجمة الرسومات إلى وقائع لغوية شفهية . وكانت الأمثلة التى اخترعها لاستخدام هذه الطريقة ماهرة وطريفة .

لقد وضع مثلا المقدمة التالية :

كل التنينات غير حذرة
كل الأسكتلنديين حذرون

وخلص إلى الاستنتاجات التالية :

كل التنينات ليسوا أسكتلنديين
وكل الأسكتلنديين ليسوا تنينات

ومثال آخر على التسلية التى كان يعثر عليها عند استخدام المنطق البسيط نجده فى الآتى (توصل إلى نتيجة منطقية من المقدمة التالية) :

« كان من العبث أن تقدمها له !
كان عليك أن تعلم ، لو كنت حصيفا
إن البحارة كبار السن لا يحبون الثريد ! »
« ولكنى اعتقدت ، لأنه عمك ... »
« نعم إنه عمى بكل تأكيد ! كلام فارغ »
« يمكنك أن تقول « كلام فارغ » كما تشاء .
ولكن كل ما أعرفه أن أعمامى أنا من كبار السن
ولكنهم يحبون الثريد جداً » .
« حسناً ، إن أعمامك أنت » (ليسوا بحارة)

* * *

وبقدر ما كانت ألعاب كارول المنطقية مسلية ، إلا أنها لم تكن أصيلة من الناحية الفنية ولم تكن عميقة . ولقد ظل محافظاً فى أعماله المنطقية كما كان محافظاً فى الهندسة . ولقد أشار عالم المنطق

البريطانى بريثويت إلى أن كارول « لم يقبل المبدأ الذى تسبب فى تسهيل الكثير من المنطق التقليدى وهو تفسير القضية العامة على أنها لا تحتوى على حد الموضوع . وهكذا فى نظر كارول يكون القول بأن « كل الضفادع التى تقفز أكثر من ٢٠ قدما لها نقيق مرتفع » يستلزم بالضرورة وجود ضفادع تقفز أكثر من ٢٠ قدما .

وعندما قاربت حياة كارول على الانتهاء أضاف إضافة مهمة إلى علم المنطق أثارت حيرة أكثر الرياضيين جدية . لقد كانت مسألة تحوى تناقضاً ظاهرياً لم يستطع أحد حلها حلا نهائيا . والمسألة هى : فى دكان حلاق يوجد ثلاثة حلاقين ا ، ب ، حـ (١) ا عاجز بحيث إذا ترك الدكان فعلى ب أن يخرج معه (٢) لا يستطيع أن يترك الحلاقون الثلاثة الدكان معاً ، وإلا خلا الدكان تماماً . لنبدأ الآن بهاتين المقدمتين المنطقتين ، ولنأخذ افتراضا ونرى ما هى النتائج التى تترتب عليه . لنفترض أن حـ خرج . يترتب على ذلك أنه إذا خرج ا فإن ب يبقى (حسب المقدمة الثانية) . ولكن إذا خرج ا يخرج ب أيضاً (طبقا للمقدمة الأولى) . وهكذا نجد أن افتراضنا خروج حـ قد أدى إلى نتيجة نعلم الآن أنها غير صحيحة . وعلى ذلك فالافتراض غير صحيح ، وإذن فإن حـ لا يستطيع الخروج . ولكن هذا كلام فارغ ،

لأنه من الواضح أن حـ يستطيع الخروج دون كسر أى من الشرطين . وفى الحقيقة أن حـ يخرج إذا بقى ا فى داخل الدكان . وهكذا نجد أن اتباع التعليل المنطق بدقة مبتدئين بفرضين يدل ظاهرهما على أنهما متسقين يؤدى إلى نتيجتين متناقضتين .

وقد يود بعض القراء أن يقول عند هذه النقطة « إن هذا الدكان بأصحابه الثلاثة يمثل وضعا بسيطا وواضحا ، وإنه يمكن الوصول إلى عدة حلول سليمة وغير متعارضة عمن يخرج أو لا يخرج » . وكل هذا حسن ولكنه لا يدرك لب الموضوع ، إذ ليس الموضوع « هل يمكنك أن تقول شيئاً غير متناقض » ؟ لا ، ولكن المسألة هى « ما هو وجه الخطأ فى جدال كارول ؟ »

ولقد حاول برتراند رسل أن يدور حول المشكلة بأن ذكر أن القول بأنه « إذا خرج ا فلابد أن يخرج ب » لا تتعارض مع القول بأنه « إذا خرج ا فلابد أن يبقى ب فى الداخل » . ويجادل بأن كلا القولين صحيح على شرط أن « يبقى ا فى الداخل » . ولكن هذا يشبه الجدل القائل بأنه لا يوجد خلاف بين قول أحد السياسيين أنه « إذا فاز الجمهوريون ، فإن الأمور سوف تتحسن » ، وقول سياسى آخر إنه « إذا فاز الجمهوريون ، فإن الأمور لن تتحسن » . ولن يرضى كلا السياسيين إذا أكد لهما أحد المناطقة

أن انتصار الاشتراكيين سوف يحقق قول كل منهما .

وربما قال قارئ آخر « ما دمنا قد افترضنا أن حـ خرج فإننا لسنا أحراراً فى أن نقول (إذن ، إذا خرج ا ، فإن ب يبقى فى الداخل) » .

لقد وردت فى كتاب هوايتهد وراسل « البرنكيبيا الرياضية » قاعدة أساسية تسمى « قاعدة الاستخراج » يمكن صياغتها فى العبارات التالية : « إذا كان ى ، ل معا تستلزمان ر فإن ى تستلزم أن ل تستلزم ر . فإذا طبقنا هذه القاعدة فى حالتنا هذه أمكننا تحويل العبارة التالية : « إذا خرج حـ ، ا من الدكان فإن ب يظل بداخله » إلى العبارة التالية : « إذا خرج حـ فإن ا ، ب يظلان بالداخل » .

وعلى هذا يمكن « استخراج » العبارة الثانية من العبارة الأولى تحت ظل القواعد التقليدية للمنطق الكلاسيكى . وما إن نصل إلى هذه النقطة حتى نجد لدينا الخيار بين أن نقبل رأى راسل (القائل بأنه « لا يوجد تعارض بين القول بأنه (إذا خرج ا فإن ب يجب أن يخرج) والقول بأنه (إذا خرج ا فإن ب يجب أن يظل بالداخل)») أو أن نصل إلى النتيجة المحيرة أن حـ يجب ألا يخرج . والحاصل ، أننا اذا لم نرغب فى استخدام طريقه راسل فى الهروب من المشكلة فإن علينا أن نجد طريقة ملتوية عند استخدام قاعدة الاستخراج .

وحديثا حل اثنان من رجال المنطق هذه المشكلة المحيرة بطريقة أكثر طرافة وإن كانت أكثر تعقيدا ، ونشر حلها فى المجلة الإنجليزية « الذهن » . كما اقترحت وسيلة أخرى لمعالجة المشكلة فى مجلة « الفلسفة والعلم »، قدمها الدكتور أرثر. و. بيركس من جامعة ميتشيجان . وهو يقترح تحت عنوان « عبارات فطرية » تمييزا جديدا (فيما أعلم) بين ما سماه « اللزوم السببى واللزوم المادى » ، ويرى أن الأول غير قابل « للاستخراج » مثل الثانى . وهو يستخدم هذا التمييز لكى يهرب من مشكلة دكان الحلاقة ولكن البعض يرون أنه لم يهرب إلا بصعوبة كبيرة .

ويعلق بريثويت على كل ذلك قائلا « إن كارول كان يدفع بالمحراث إلى أغوار أبعد من معارفه . لقد كان يعتمل فى ذهنه منطق يدعو للإعجاب ولكنه لم يستطع أن يصل بهذا المنطق إلى مستوى التكامل ، ومن أجل هذا كان منطقه الرمزى سطحيا . . . بينما كانت ألغازه العابرة غاية فى العمق » .

* * *

من العسير أن يختتم المرء الموضوع بأفضل من كلمات بريثويت. كان دودجسون المحترم مدرسا جافا ولكنه قدير فى مبادئ الرياضيات . وكان لويس كارول منطقيا متعمقا وممتازا وإن لم

يع ذلك . وعندما حاول أن يعالج المنطق بشكل منهجى سليم لم يصب إلا نجاحا متوسطا . وهو لم يعبر عن عمقه وبراعته إلا حينما عالج المنطق بشكل متحرر غير مقيد . والواقع أن قيمته فى معالجة المنطق تتضح لنا عندما نفتح كتاب أرض العجائب .

كثيرا ما تحتوى كتب المنطق والفلسفة على إشارات لأليس ورفاقها فى أرض العجائب . ويعتمد پ . إ. ب . جوردان فى كتابه الممتع « فلسفة مستر ب . رتر . ند . رس‌ل » لحد كبير على كارول فى توضيح الأفكار الأساسية للمنطق . ومن هذا الكتاب أخذنا العينات التالية التى تعكس عبقرية كارول .

لقد ظل علماء المنطق لأجيال طويلة يصارعون مع « نظرية التطابق » . متى يحق للمرء أن يقول « إن س هى مطابقة لـ ص » أو « إن س هى نفس ص » أو « إن س هى ص » . ولكن هذه المشكلة كانت واضحة تماما عند أصدقاء كارول الصغار .

« طول النهار يطابق أى شىء طوله مطابق لطول النهار » . (سيلفى وبرونو) .

« لاحظ برونو أنه عندما يفقد الأستاذ الآخر نفسه ، فإن عليه أن يصرخ مناديا عليه . ولا شك أنه سيسمع ذاته لأنه لن يكون بعيدا » . (سيلفى وبرونو) .

إن أغلب علماء المناطق ، وأغلبنا على وجه العموم ، يجب أن يلتزموا جانب الحذر فيما يتعلق بدقة التعريفات والخلط والتداخل بين ما تعنيه الكلمات وما تدل عليه . ولكن هذا الموضوع لم يكن مثار إزعاج على الإطلاق فى الجانب الآخر من المنظار .

كان من المستحيل التمييز بين تويدلدام وتويدلدى فى كثير من الجوانب ، وبينما كانت أليس تسير فى الطريق لاحظت أنه « عندما يتفرع الطريق فإنها تجد حتما لا فتتين تشيران إلى نفس الاتجاه ، على الأولى « إلى منزل تويدلدام » وعلى الأخرى « إلى تويدلدى » . وأخيرا قالت أليس « إننى أعتقد أنهما يعيشان فى نفس المنزل . . . »

يقول هامتى دامتى بلهجة حادة : « عندما أستعمل أنا كلمة ما ، فإنها تعنى ما اختار لها أن تعنيه — لا أكثر ولا أقل » .

فتردد عليه أليس قائلة : المشكلة هى هل تستطيع أن تجعل الكلمات تعنى أشياء مختلفة » .

ويرد عليها هامتى دامتى قائلا : « المشكلة هى من السيد .. هذا هو كل ما فى الأمر » .

وكثير من المسائل المعقدة فى علم المنطق الرياضى الحديث

يدور حول احتمال وجود مايسمى الفصل العام ، وحتى هذا حسبت له البعوضة حسابا ، فقد ذكرت لأليس أن ذبابة الخبز والزبد تحيا على الشاى الخفيف باللبن .

قالت أليس « وماذا إذا لم تجد هذا الغذاء » ؟

فردت البعوضة : « لا شك أنها ستموت » .

وقالت أليس وهى تفكر : « ولكن هذا لا بد أن يحدث كثيرا » .

فردت البعوضة : « إن هذا يحدث دائما » . (من خلال المنظار)

إذا كان تحليل الوجود أمر صعب ، فأصعب منه أن تحلل اللاوجود . ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لأليس .

قالت أليس : إننى لا أرى أحداً فى الطريق » .

وردت الملكة البيضاء فى لهجة جزعة : وددت لو كانت لدى مثل عيونك . أن يكون فى مقدورك أن ترى لاأحد ! وعلى هذه المسافة ! عجبا ، إننى أصرف نفس الجهد لكى أرى أناسا حقيقيين ، فى هذا الضوء الساطع ! » (من خلال المنظار) .

لاشك أن المهتمين بمنطق العلم الحديث لا يوافقون على أهمية ومدلول التجارب التخيلية ، وخاصة إذا تضمنت هذه التجارب

شروطا لا يمكن تحقيقها . أما الملكة البيضاء فلم تكن تهتم بهذا الأمر .

ضحكت أليس ثم قالت : « لافائدة من هذه المحاولة ، إذ لا يستطيع المرء أن يؤمن بالأشياء المستحيلة » .

فردت عليها الملكة البيضاء قائلة : « يبدو لى أنك لم تتدربى على ذلك . عندما كنت فى مثل سنك كنت أتدرب على ذلك نصف ساعة كل يوم . بل إننى فى بعض الأحيان كنت أؤمن بست أشياء مستحيلة قبل الإفطار . » (من خلال المنظار) .

* * *

لقد كانت مواهب كارول الحقيقية من القدرة والعظمة بحيث لا نجد أنفسنا فى حاجة إلى التلطف عند التعرض للنقائص التى كانت تشوب كتاباته الرياضية . ولم يكن كارول ذاته مغرورا فى هذه الناحية حتى لقد عبر عن حكمه المتواضع على نفسه فى مذكراته اليومية إذ جاء بها عبارة كتبها فى اليوم الأول من يناير عام ١٨٥٥ وعمره ثلاثة وعشرون عاما ، يقول فيها : « لقد حاولت أن أشغل نفسى فى بعض الرياضيات ، ولكنى فشلت » .



سرينيفاسا رامانوجان

بقلم : جيمس نيومان

ليست هذه سوى كلمة موجزة تحوى ما لدينا من المعلومات الضئيلة عن حياة الفقير الهندى الذى أصبح على حد قول أحد الثقاة « أعجوبة الرياضيين فى هذا العصر » . مات سرينيفاسا رامانوجان فى الهند مريضا بداء الصدر فى ٢٦ أبريل عام ١٩٢٠ عن ٣٣ عاما ، واسمه غير معروف إلا لدى علماء الرياضة ، فهو لم يجذب انتباه أحد خارج مجال اختصاصه . ولكن بحوثه وأعماله تركت أثراً لا يمحى فى ميدان الفكر الرياضى .

كان ج . ه . هاردى من كامبريدج ، وهو من كبار علماء الرياضة فى عصره ، من أقرب الناس إلى رامانوجان سواء لصلته به فى العمل أو نتيجة لعلاقتهما الشخصية ، وذلك خلال السنوات الخمس المثمرة التى قضاها فى إنجلترا . وأغلب المعلومات الواردة فى هذه المقالة أخذت من تأبين الأستاذ هاردى لرامانوجان وكذلك من مجموعة المحاضرات التى ألقاها الأستاذ هاردى فى جامعة هارفارد

التى أسماها محاضرات رامانوجان ؛ أما بقية المعلومات فقد أخذناها من المقالة الصغيرة التى كتبها سيشو إيياد وراماشاندرا راو والموجودة فى « مجموعة كتابات رامانوجان » . ومع ذلك فنى هذه المقالة الصغيرة التى نقدمها ما يكفى للدلالة على مدى شخصية رامانوجان ونبوغه .

نشأ سرينيفاسا رامانوجان أيانجار ، حسب قول مؤرخه سيشو إيياد ، فى أسرة برهمية فقيرة الحال من مركز تانجور التابع لمقاطعة مدراس . وكان أبوه كاتبا للحسابات فى محل أحد تجار الأقمشة ، وكانت أمه ، وهى امرأة على درجة عالية من الإدراك ، ابنة موظف صغير بمحكمة المنصف (القاضى) فى إيرود . وبقيت مدة طويلة بعد الزواج لا تنجب أطفالا « ولكن أباها دعا الآلهة المشهورة ناماجيرى ، فى البلدة المجاورة المسماة ناماكال ، لكى تبارك ابنته وتهبها الذرية . ولم يمض وقت قصير حتى كانت قد أنجبت أكبر أبنائها ، عالم الرياضيات رامانوجان ، الذى ولد يوم ٢٢ ديسمبر عام ١٨٨٧ » .

وعندما كان فى الخامسة ذهب إلى المدرسة ، وقبل أن يبلغ السابعة انتقل إلى مدرسة المدينة الثانوية فى كامباكونام حيث حصل على منحة دراسية . ويظهر أن قدراته غير العادية قد وضحت



فى ذلك الوقت . كان هادئا كثير التأمل يتمتع بذاكرة قوية غير عادية . وكان يسعده أن يطرف زملاءه بالنظريات والمعادلات ، وإلقاء مقطوعات كاملة من أصول اللغة السانسكريتية . وكان يحفظ قيمة ط والجذر التربيعى للعدد ، لأى رقم عشرى . وعندما كان فى الخامسة عشرة من عمره ، وهو فى السنة السادسة الدراسية ، استعار له أحد أصدقائه كتاب كار « المجمل فى الرياضة البحتة » من مكتبة الكلية الحكومية بالمدينة . وفاضت نفس رامانوجان بالسعادة وهى تهيم فى هذا العالم الجديد الذى تفتحت آفاقه له . لقد أيقظ هذا الكتاب نبوغه وبدأ فورا فى حل معادلاته . ولما لم يكن لديه أى كتاب آخر يستعين به فقد كان كل حل من حلوله بمثابة بحث أصيل بالنسبة له . اخترع أول الأمر طرقا لتشييد المربعات السحرية ، ثم تطرق إلى الهندسة حيث أخذ فى تربيع الدائرة ثم تطور إلى أن قدر طول محيط الأرض عند خط الاستواء ، ولم يختلف تقديره عن التقدير الحقيقى إلا بمقدار بضعة أقدام . ولما وجد مجال الهندسة محدودا تحول إلى الجبر . وكان رامانوجان كثيرا ما يردد أن آلهة ناماكال توحى إليه بحلول المعادلات فى أثناء نومه . ومن العجيب أنه كان يدون النتائج التى يتوصل إليها بمجرد قيامه من النوم ، ولو أنه كثيرا ما كان يعجز عن إعطاء إثبات قاطع لها . واستمر يطبق هذا النظام طوال حياته .

وحصل على الشهادة الثانوية وعمره ١٦ سنة من الكلية الحكومية فى كامباكونام وحصل على « منحة سوبرا ماينام الصغرى الدراسية » . ونظرا لضعفه فى اللغة الانجليزية — إذ لم يكن يهمه إلا بالرياضة — فقد رسب فى الامتحان التالى وفقد بذلك المنحة . ثم ترك كامباكونام ، أولا إلى ڤيزاجاياتام ثم إلى مدراس ، وهناك تقدم إلى « الامتحان الأول فى الآداب » فى ديسمبر عام ١٩٠٦ ، ولكنه رسب فيه ولم يتقدم إليه ثانية . وفى السنوات التالية استمر فى بحوثه الرياضية مستقلا . ولما تزوج عام ١٩٠٩ كان عليه أن يبحث عن عمل دائم يرتزق منه . وفى أثناء ذلك حصل على خطاب توصية إلى أحد محبى الرياضيات الحقيقيين وهو راماشاندرا راو الذى كان يعمل محصلا فى نيلور ، وهى مدينة صغيرة تقع على بعد ٨٠ ميلا شمال مدراس . وكان راماشاندرا راو قد اطلع فعلا على كراستين لرامانوجان ملأهما بالآراء والأفكار العجيبة . ولعله من الأفضل أن ننقل هنا ماتم فى هذه المقابلة الأولى على لسان راماشاندرا نفسه .

« منذ بضع سنوات ، قال لى أحد أبناء أخى وهو لايعلم شيئا عن الرياضة : (عمى ، يوجد زائر يتكلم فى الرياضة ؛ وأنا لاأفهم مما يقول شيئا ؛ فهل لك أن ترى إذا ما كان فى قوله ما يفيد ؟) وفى فيض من حكمتى الرياضية ، تنازلت وأذنت لرامانوجان أن

يدخل فى حضرتى . ودخل على رجل خشن المظهر ، غير حليق ، لا تبدو عليه النظافة ، ممتلىء الجسم ، إلا أن عينيه اللامعتين كانتا تلفتان النظر ، وكان يتأبط كراسة ممزقة ، ويبدو فقيرا بائسا ، فر من كامباكونام لكى يجد فى مدراس من وقت الفراغ ما يسمح له بمتابعة دراساته . ولم يتق قط إلى أن يصبح شخصا مميزا . لم يكن يطلب سوى أن يقدم له أبسط الغذاء دون أى إجهاد من جانبه ، وأن يسمح له بالاسترسال فى أحلامه .

« وفتح كراسته وأخذ فى شرح بعض كشوفه . ورأيت من أول وهلة أن هناك شيئاً خارقا ؛ ولكن معلوماتى لم تسمح لى بأن أقرر هل يقول كلاما معقولا أم هذرا فارغا . وأجلت حكمى عليه وطلبت منه أن يعود إلى مرة أخرى ، ففعل . ولكنه إذ لاحظ جهلى قدم إلى بعضا من المسائل السهلة . وكانت هذه تفوق ما يوجد فى الكتب الحالية ، فأيقنت أنه رجل رائع . ثم أخذ يتدرج معى خطوة خطوة إلى التفاضلات الإهليلجية والمتسلسلات فوقه الهندسية والمتسلسلات غير التقاربية . وعندما سألته عما يطلبه أجاب بأنه يريد الكفاف لكى يتمكن من متابعة بحوثه » .

* * *

وقد تعهد راماشاندرا راو بأن يدفع نفقات رامانوجان لفترة

من الزمن . وبعد مدة ، إثر فشل المحاولات المختلفة التى بذلت لـكى يحصل على منحة دراسية ، وكان رامانوجان قد رفض أن تطول إعالته ، قبل أن يعمل فى وظيفة صغيرة بمكتب شركة ميناء مدراس .

ولـكنه لم يهمل قط بحوثه الرياضية . وكان أول أعماله البحث الذى نشره فى مجلة الجمعية الرياضية الهندسية عام ١٩١١ وكان عمره ٢٣ سنة . وكان أول بحث طويل نشره عن « بعض خواص أعداد برنولى » ونشر فى نفس العام . وفى عام ١٩١٢ قدم إلى نفس المجلة بحثين آخرين وعدة مسائل للحل .

وكان راماشاندرا فى ذلك الوقت قد أقنع السيد جريفيث من كلية مدراس الهندسية أن يهتم برامانوجان ؛ ولذلك فقد اتصل جريفيث بسير فرانسيس سبرينج مدير شركة مدراس وأوصاه برامانوجان . ومنذ ذلك الوقت أصبح من السهل الحصول على اعتراف بقيمة أعماله . وبدأ رامانوجان — بناء على نصيحة سيشو إيياد وآخرين — فى مراسلة ج . ه . هاردى وكان إذاك زميلا بكلية ترينيتى ، بكامبريدج ، وهذا نص خطابه الأول لهاردى ، وهو مؤرخ ١٦ يناير ١٩١٣ ، وقد ساعده أصدقاؤه فى صياغته بالإنجليزية .

« سيدى العزيز »

اسمح لى بأن أقدم لك نفسى فأنا أعمل كاتبا للحسابات فى شركة ميناء مدراس بمرتب قدره عشرون جنيها سنويا . وأبلغ من العمر ٢٣ سنة (كان عمره فى الحقيقة ٢٥ سنة) ولم أحصل على أى تعليم جامعى ولكنى أتممت الدراسة الثانوية . وبعد انتهاء دراستى كنت أقضى أوقات فراغى فى دراسة الرياضيات . وأنا لم أطرق سبيل الدراسة الجامعية المنتظمة ، ولكنى أشق طريقى الخاص بنفسى ، وقمت بدراسة خاصة للمتسلسلات غير التقاربية بشكل عام ، ويصف علماء الرياضة هنا النتائج التى توصلت إليها بأنها « مذهلة » ...

إننى أرجوكم أن تراجعوا الأوراق المرفقة بهذا الخطاب . ولما كنت فقيرا فإننى أرجوكم إذا اقتنعتم بقيمة نظرياتى أن تعملوا على نشرها . وأنا لم أذكر الأبحاث الحقيقية ولا التعبيرات التى حصلت عليها ولكنى أشرت فقط إلى السبيل الذى أتبعه فى حلها . ولما كانت خبرتى ناقصة فإننى أقدر أية نصيحة تقدمونها لى . وإننى إذ أستميحكم عذرا لما سببته لكم من إزعاج .

سوف أبقى لكم ، يا سيدى العزيز .

المخلص

س . رامانوجان

وأرفق بالخطاب ١٢٠ نظرية علق عليها هاردى بما يأتى :

« ليس من السهل أن يقدر المرء الأثر المباشر الذى يحسه أستاذ رياضة عادى ، يتلق خطابا مثل هذا من كاتب هندى مغمور.

« كان أول خاطر جال فى ذهنى هو هل يمكننى حقا أن أدرك قيمة هذا العمل . لقد برهنت أشياء مثل (١ — ٧) بنفسى . ويبدو أننى ألم بشكل غامض بالمعادلة (١ — ٨) . والواقع أن (١ — ٨) من المسائل التقليدية ؛ إنها معادلة للابلاس وكان جاكوبى أول من أثبتها ؛ أما (١ — ٩) فجاءت ضمن بحث نشره روجرز عام ١٩٠٧ . وقد فكرت أننى ، كخبير فى التكاملات المعينة ، قد يمكننى إثبات (١ — ٥) ، (١ — ٦) ، وقد فعلت ذلك ، ولو أن هذا الأمر أخذ منى من الجهد أكثر مما توقعت . .

« أما المعادلات المسلسلة (١—١) ، (١—٤) فقد وجدتها أكثر صعوبة ، وسرعان ما بدا لى واضحا أن رامانوجان قد وضع نظريات أكثر من التى بعث بها وأنه يحتفظ لديه بالباقى . وكانت الثانية معادلة معروفة تماما لباور وهى عن نظرية متسلسلات لاجاندر ، ولكن الأخرى كانت أصعب مما تبدو . . .

أما المعادلات من (١—١٠) إلى (١—١٣) فهى على مستوى مختلف ، ومن الواضح أنها أصعب وأعمق . ويمكن لأى خبير

بالدوال الناقصة أن يلاحظ فورا أن (١ــ١٣) قد استخرجت بشكل ما من نظرية (ضرب الأعداد المركبة)، ولكن (١ ــ ١٠) إلى (١ــ١٢) هزتنى تماما ، فلم يسبق لى أن رأيت قبل ذلك ما يشبهها وتكفى نظرة واحدة إليها حتى يؤمن المرء أنه لا يكتبها إلا عالم رياضى من الطراز الأول . ولابد أن تكون صحيحة إذ لا يوجد الشخص الذى يملك من الخيال ما يمكنه من اختراعها . وأخيرا . . لابد أن يكون الكاتب إنسانا تام الأمانة ، لأن عظماء الرياضيين أكثر شيوعا من اللصوص أو الدجالين الذين يمتلكون مثل هذه المهارة الفائقة .

« ومع أن رامانوجان قد أثبت نجاحه الفائق فى عدة مجالات إلا أن عمله فى الأعداد الأولية وكل ما يتصل بهذه النظرية من مسائل كان مخطئا بكل تأكيد . ولعل هذا هو فشله الكبير . ومع كل ، فإنى لست متأكدا أن فشله لم يكن ، بشكل ما ، أعجب من كل انتصاراته » .

* * *

وكتب هاردى ، معلقا على رموز رامانوجان فى إحدى المسائل الرياضية التى وردت فى هذا المجال ، قائلا : « إن لانداو حصل عليها أولا فى عام ١٩٠٨ . ولم يكن لدى رامانوجان أى سلاح من أسلحة لانداو ؛ لم يكن قد رأى أى كتاب فرنسى أو ألمانى ؛

بل إن إلمامه باللغة الإنجليزية كان من الضعف بحيث لم يسمح له بالحصول على درجة جامعية . وكفاه فخرا أنه كان يحلم بمثل هذه المسائل ، وهى مسائل أخذ أحسن علماء الرياضة الأوروبيين مائة عام لحلها ، وما زال حلها غير كامل إلى يومنا هذا » .

* * *

وأخيرا وفى شهر مايو عام ١٩١٣ ، ونتيجة لجهود كثير من أصدقائه ، أعفى رامانوجان من عمله ككاتب فى شركة ميناء مدراس وأعطى منحة دراسية . وكان هاردى قد بذل عدة محاولات لكى يسافر إليه رامانوجان فى كامبريدج . وقد بدا أن الطريق سهل ميسور ، إلا أن رامانوجان رفض فى مبدأ الأمر نظرا لتعصب طائفته الدينية ولأن أمه لم تسمح له بالسفر .

كتب هاردى قائلا : « وأخيرا ، أمكن الحصول على هذه الموافقة بسهولة وبشكل لم نكن نتوقعه . وذلك أن أمه أعلنت ذات صباح أنها رأت فى منامها فى الليلة السابقة ابنها جالسا فى قاعة فسيحة بين مجموعة من الأوروبيين وأن الآلهة ناماجيرى قد أمرتها ألا تقف فى طريق ابنها وألا تمنعه من تحقيق أهدافه فى الحياة » .

وعندما ذهب رامانوجان أخيرا كان قد حصل على منحة دراسية من مدراس قيمتها ٢٥٠ جنيها ، خصص منها ٥٠ جنيها لإعانة

أسرته فى الهند ، كما حصل على إعانة أخرى قدرها ٦٠ جنيها من ترينيتى .

* * *

وفيما يلى ما كتبه هاردى عن رامانوجان : « واجهتنى مشكلة كبيرة . إذ كيف أعلمه الرياضة الحديثة ؟ فقد كانت تذهلنى أن معلوماته محدودة بقدر ما هى عميقة . كان أمامى رجل يستطيع أن يحل المعادلات المقياسية ، ونظريات ضرب الأعداد المركبة إلى رتب لم نسمع بها ، رجل يسيطر على رياضيات الكسور المتصلة بشكل يفوق كل عالم آخر ، رجل وجد لنفسه المعادلة الدالية لدالة زيتا والحدود السائدة فى كثير من المشاكل الشهيرة فى النظرية التحليلية للأعداد . ، وهو فى نفس الوقت لم يسمع بالدالة الدورية المزدوجة أو بنظرية كوش ، ولم تكن لديه سوى فكرة باهتة عن دالة المتغير المركب . أما أفكاره عن البراهين الرياضية ومم تتكون فكانت مجرد ظلال باهتة . ولقد توصل إلى كافة نتائجه ، القديمة والحديثة ، السليمة والخاطئة ، عن طريق استخدام الحجج المختلطة والبداهة والاستقراء ، وكان عاجزا عن إعطاء فكرة متماسكة عن طريقته هذه .

لقد كان من المستحيل أن نطالب مثل هذا الرجل بالخضوع

للتعليمات المنظمة ، أو أن يبدأ فى تعلم الرياضة . وكنت خائفا إذا ما أصررت على أمور لا يقبلها رامانوجان ، أن أحطم ثقته بنفسه أو أن أحول دون الوحى الذى يهبط عليه . ولكنى من ناحية أخرى كنت أرى أنه من المستحيل أن يبقى جاهلا بعض الأمور. كانت بعض نتائجه مخطئة ، وخاصة تلك المسائل المتعلقة بتوزيع الأعداد الأولية ، التى كان يعلق هو عليها أهمية خاصة . كان من المستحيل أن أتركه يعتقد خطأ طوال حياته أن جميع أصفار دالة زيتا حقيقية . ولذلك فقد حاولت تعليمه ، ونجحت بشكل ما ، ولو أننى فى الواقع تعلمت منه أكثر مما علمته .

« ولابد من كلمة أضيفها عن هوايات رامانوجان الأخرى غير الرياضة ، وكانت هذه بدورها مثل رياضياته مزيجا من الأمور العجيبة . ولم يكن له أى اهتمام بالآداب أو الفنون ، ولو أنه كان يميز الأدب الجيد من الردىء . ولكنه كان من جهة أخرى فيلسوفا متعمقا ، ويبدو لأنصار مدرسة كامبريدج الحديثة من النوع السديمى ، كما كان سياسيا متحمسا متطرفا فى حبه للسلام . وكان يتمسك بقواعد دينه بشدة غير معهودة فى الهنـــود المقيمين فى إنجلترا . ولكن تمسكه بدينه كان من قبيل العادة أكثر منه عن إيمان مفكر ، وإننى ما زلت أتذكر جيدا قوله لى (مما أثار تعجبى) أن جميع الأديان تبدو له متساوية ومتكافئة إلى حد بعيد .

وكان يعجب بكل ماهو غريب سواء فى الأدب أو الفلسفة أو الرياضة ... وكان نباتيا بكل معنى الكلمة — مما سبب له كثيرا من المتاعب عندما مرض فيما بعد — وكان يطهى طعامه بنفسه طوال مدة إقامته فى كامبريدج ، ولم يكن يفعل ذلك إلا بعد أن يخلع ملابسه ويلبس البيچاما .... »

وفى ربيع عام ١٩١٧ بدا أن صحة رامانوجان ليست على مايرام . وذهب إلى أحد بيوت التمريض فى كامبريدج فى أوائل الصيف ولم يغادر السرير لأية فترة طويلة بعد ذلك . ثم تنقل بين المصحات فى ويلز وماتلوك ولندن ولم تبدأ صحته فى التحسن إلا فى خريف عام ١٩١٨ ، فعاود نشاطه . ولعل ما حفزه لذلك أنه انتخب عضوا بالجمعية الملكية ، وقد توصل فى ذلك الوقت إلى أجمل نظرياته وأبدعها . ومما زاد فى تشجيعه انتخابه زميلا فى كلية ترينيتى . وعلى هذه الجمعيات العلمية الشهيرة أن تهنئ أنفسها لأنها انتخبته لعضويتها قبل أن يموت .

* * *

وعاد رامانوجان إلى الهند فى أوائل عام ١٩١٩ ، حيث مات فى العام التالى .

* * *

وإذا أردنا أن نقدر طريقة رامانوجان وعمله وبحوثه فى الرياضيات فعلينا أن نقتبس مرة أخرى من أقوال هاردى :

« كثيرا ما كنت أسأل عما إذا كان لرامانوجان أى سر خاص ؛ وعما إذا كانت وسائله تختلف نوعيا عن وسائل غيره من علماء الرياضة ؛ وعما إذا كان فى طريقة تفكيره شىء من الشذوذ . وأنا لا أستطيع أن أجيب عن هذه الأسئلة بثقة أو تأكيد ؛ ولكنى لا أعتقد فى كل هذه الأشياء . إن اعتقادى هو أن جميع الرياضيين يفكرون فى أعماقهم بنفس الوسيلة والأسلوب ، وأن رامانوجان لم يكن شاذا فى هذا . ولكن لاشك أن ذاكرته كانت غير عادية . كان فى إمكانه أن يتذكر الأرقام ومافيها من خواص بشكل غير عادى . ولعل مستر ليتلود هو الذى قال عنه : « لقد كان كل رقم عجيب من أخلص أصدقائه » . وإنى أذكر أنى ذهبت مرة لعيادته فى أثناء مرضه فى پوتنى . وركبت سيارة أجرة رقم ١٧٢٩ ، وذكرت له أن هذا الرقم قد بدا لى قميئا ، وإنى أرجو ألا يكون هذا فألا سيئا . ولكنه أجاب : لا إنه عدد طريف ؛ إنه أصغر عدد ممكن كحاصل جمع مكعبين بطريقتين مختلفتين ؛ فسألته بطبيعة الحال عما إذا كان يعرف الجواب المماثل بالنسبة للأعداد المرفوعة للأس الرابع ؛ وأجاب بعد برهة من التفكير أنه لا يرى إجابة واضحة لهذه المسألة ، وأنه يعتقد أن مثل هذا العدد لابد وأن

يكون كبيراً جداً . لقد كانت ذاكرته وقدرته على الحساب غير عادية ، إلا أننا لا يمكننا أن نقول إنها كانت « شاذة » . وكان إذا ضرب عددين كبيرين اتبع الطريقة العادية ، وكان فى إمكانه أن يفعل ذلك بسرعة ودقة غير عاديتين ، إلا أنه لم يكن فى ذلك أسرع أو أكثر دقة من أى رياضى يتميز بسرعة الحساب .

« أما مايثير العجب حقا فهو تعمقه فى المعادلات الجبرية ، وتحويل المتسلسلات اللانهائية ، وما شابه ذلك . وفى مثل هذه الأمور لم أر له مثيلا قط ، ولا يمكن مقارنته إلا بأويلر أو جاكوبى . وكان يفوق رياضى العصر الحديث فى استخدام طريقة الاستنتاج بوساطة الأمثلة العددية ، حتى لقد كشف جميع خواص التطابق فى عمليات التجزئة ، مثلا ، بهذه الطريقة . وبالإضافة إلى ذاكرته هذه وصبره وقدرته على الحساب كانت لديه القدرة على التعميم والإحساس بالشكل والقدرة على سرعة تعديل نظرياته وفروضه التى كانت فى الغالب مدهشة والتى جعلته فى أيامه دون نظير أو منافس فى فرع تخصصه .

« وكثيرا مايقال إن الرياضيين يجدون صعوبة أكبر هذه الأيام فى البحث عن الموضوعات الأصيلة بالمقارنة بالصعوبة التى كان يجدها الرياضيون فى الأيام العظيمة التى وضعت فيها أسس

التحليل الحديث ، ولاشك أن هذا القول فيه شيء من الصحة . وقد تختلف الآراء بالنسبة لأعمال رامانوجان ، ونوع المقياس الذى نحكم به عليه ، وتأثير أعماله على الرياضة فى المستقبل . إن هذه الأعمال لا تتسم ببساطة الأعمال العظيمة جدا ، وربما كانت أعظم لو أنها كانت أقل غرابة . إلا أن المزية التى تتصف بها والتى لايمكن نكرانها هو أنها كانت أعمالا عميقة وأصيلة . وكان من الممكن أن يكون رياضياً أعظم مما كان لو أنه هذب وتعلم منذ الصغر ؛ إلا أنه لو تعلم وتهذب منذ الصغر لما كان رامانوجان الذى كانه ، ولكان أقرب إلى أى أستاذ أوروبى ، وربما كانت الخسارة فى هذه الحالة أكبر من المكسب » .

مطابع دار القلم بالقاهرة



صدر عنها لمشروع

الألف كتاب



مطابع دار القلم بالقاهرة

الثمن ٢٨,٥